Oswald Marbach's

Physikalisches Lexikon.

Zweite neu bearbeitete Auflage.

Erster Band.

A. B. C.

Leipzig,

Verlag von Otto Wigand.

1850.

Vorwort.

Wer die Naturwissenschaften kennt, der weiß auch, wie schwierig, ja unmöglich es ist, die einzelnen gegen einander abzugrenzen. Die Uebergänge derselben in einander scharf zu bestimmen wäre ein durchaus unwissenschaftliches pedantisches Beginnen, denn die Unbestimmtheit der Uebergänge ist gerade das Eigenthümliche des Lebendigen — und ein Lebendiges ist auch die wahre Wissenschaft, nicht todte Gelehrsamkeit. So habe ich mir denn bei der Abfassung dieses Physikalischen Wörterbuches, wie schon bei der ersten Auflage, so auch bei dieser zweiten meine Aufgabe in der Weise gestellt, daß ich in das Lexikon Alles dasjenige aufgenommen, was man möglicher Weise in einem physikalischen Lexikon suchen kann. Man wird vielleicht finden, daß ich nach mancher Seite hin zu wenig gethan, nach anderer zu viel; man möge dann der Individualität ihr Recht gönnen: es war eben meine Ansicht, daß z. B. der Physiker auch tüchtige Kenntnisse in der Chemie besitzen müsse. Besonders ausführlich habe ich auch die in ein physikalisches Lexikon gehörigen technologischen Artikel bearbeitet, weil ich wünsche, daß die Physik immer mehr ihren segensreichen Einfluß auf die Technik ausüben möge.

Der ganz praktische Standpunkt, den ich mir bei Abfassung dieses Werkes gegeben, möge mir nicht zum Vorwurfe gemacht werden. Er ist von mir nicht aus Bornirtheit, sondern freiwillig gewählt. Ich kenne sehr wohl den theoretischen Standpunkt, von welchem aus man das angegebene Princip verwerflich finden muß. Aber es galt eine Wissenschaft encyklopädisch darzustellen, welche vermöge ihrer empirischen Form von einer abstracten Vollendung in allen ihren einzelnen Theilen sehr weit entfernt ist, deren Bestandtheile in den abnormsten Verhältnissen ausgebildet sind, wo man sich auf

manchen Punkten noch mit den anfänglichsten und unmündigsten Vorstellungen herumschlägt, während man sich auf anderen zu einer schwindelnden Höhe der Erkenntniß emporgearbeitet hat; — es galt nicht, die Arbeit des wissenschaftlichen Geistes in ihren Werkstätten aufzunehmen und fortzuführen, sondern das Vorhandene, das was Resultat geworden, übersichtlich nach der willkürlichsten und doch durch die Verhältnisse gebotenen, nach der alphabetischen Reihenfolge übersichtlich zusammenzustellen.

An ein Lehrbuch der Physik mag man die Forderung systematischer Anordnung des zeitgemäß ausgewählten Stoffes stellen; von einer wissenschaftlichen Zeitschrift mag man verlangen, daß sie unmittelbar einführe an die Stelle, wo nach den Schätzen neuer Erkenntniß gegraben wird, und daß nur Neues zu Tage gefördert werde: an ein Lexikon muß man die Forderung der Vollständigkeit und der Zusammenstellung alles dessen stellen, was als Gewordenes, Gewonnenes im Verlaufe der Jahrhunderte sich herausgestellt hat. Die systematische Anordnung dieses Reichthums von Resultaten, die Bezeichnung der Lücken des Wissens und der dermaligen Beschäftigung der wissenschaftlichen Werkleute kann nur gelegentlich in einem solchen Werke zur Sprache kommen.

Wie achtungswerth und dankenswerth die Arbeiten der physikalischen „Forscher" auch sind, diese selbst können die encyklopädische Gelehrsamkeit nicht entbehren, und diese hat ein Recht der Existenz neben der Thätigkeit jener. Ich habe leider die Erfahrung machen müssen, daß die „Forscher" sie mit einem sehr wenig ehrenvollen Hochmuthe beurtheilt haben, aber es fällt mir nicht ein, Gleiches mit Gleichem zu vergelten. Es fällt mir nicht ein, den wohlfeilen Schein von eminenter Wissenschaftlichkeit der Formelmacher, das wichtigthuerische Geschwätz der Hypothesenkrämer und das banausische Treiben derjenigen zu verhöhnen, welche die Natur experimental mißhandeln, um den belauschten Angstschrei der Natur als eine neueste Entdeckung auszuposaunen; solche Verirrungen der Naturforscher verwehen ohne mein Zuthun wie Spreu im Winde, der echte Naturforscher ist mir ein Gegenstand größter Achtung und Verehrung, selbst wenn er ein wenig Charlatan ist. Ich bilde mir auch nicht ein, die encyklopädische Gelehrsamkeit stehe höher als die Arbeit des Forschers, ich weiß, daß ihr Schein ebenso wohlfeil zu erlangen ist, wie der Schein eines Naturforschers; aber ich meine, daß die Virtuosität, die freie Beherrschung des wissenschaftlichen Reichthums ebenso große Ansprüche auf Anerkennung haben, wie die Genialität auf dem Gebiete der Naturforschung.

Wem Neigung und glückliche Verhältnisse gestatten, der Beobachtung der Natur, der Ergründung ihrer Gesetze und der experimentalen Beherrschung derselben im Einzelnen nachzugehen, der thue es und ernte die Frucht der An-

erkennung, wenn es ihm gelingt, Neues und Bedeutendes zu finden; aber er halte seinen Geist rein von der kleinlichen Eitelkeit, einen höheren Rang in der Welt des Geistes einzunehmen, als derjenige, welcher die Arbeiten aller rüstigen Geister der Jahrhunderte durchmustert, prüft, zusammenstellt, das Werthvolle sondert von dem Werthlosen und seinen eigenen Geist zum Centralpunkte macht, in welchem die geistigen Strahlen aller jener Forscher und Entdecker sich sammeln. So thöricht es wäre, wollte der, welcher auf diese Weise zum Brennpunkte der Strahlen wird, sich selbst für die all dies Licht aussendende Sonne halten; genau ebenso thöricht ist es, den Focus zu mißachten, weil es nur fremdes Licht ist, das er in sich aufsammelt. Es ist gewiß, man würde kein physikalisches Lexikon schreiben können, wenn es keine Naturforscher gäbe, aber es ist auch ebenso gewiß, daß die Wissenschaft niemals über ihre Anfänge hinaus käme, wenn nicht die einzelnen Arbeiten der Forscher von sichtenden und sammelnden Geistern aufgenommen würden. Der größte Naturforscher kann es nicht weiter bringen, als bis zur ehrenvollen Erwähnung seines Namens und seiner Thätigkeit in einer Encyklopädie der Wissenschaft.

Forschersinn und encyklopädische Gelehrsamkeit mögen friedlich neben einander stehen, einander gegenseitig in die Hände arbeiten und beide ihren Ruhm suchen in der freien geistigen Beherrschung ihres Gebietes, eingedenk, daß ein gedankenloses Begaffen und Beschwätzen der Natur (sogar dann, wenn es die Gestalt der mathematischen Formel annimmt) ein ebenso überflüssiges Treiben ist, als Notizenkram und geistlose Buchgelehrsamkeit.

Ich habe in dem Vorstehenden angedeutet, wonach ich bei Abfassung dieses Werkes gestrebt habe: Vollständigkeit in der Zusammenstellung der Resultate, Uebersichtlichkeit in der Anordung innerhalb der vorgeschriebenen alphabetischen Ordnung, Beherrschung des weitschichtigen Stoffes im wissenschaftlichen Sinne, dazu kommt noch: Angabe der Originalquellen und der beachtungswerthen Literatur.

Bei der encyklopädischen Darstellung einer mit regster Lebendigkeit sich entwickelnden Wissenschaft ist es von großer Wichtigkeit, daß der Zeitraum, innerhalb dessen das Ganze erscheint, ein möglichst beschränkter sei, damit nicht der wissenschaftliche Standpunkt, von welchem die einzelnen Artikel geschrieben sind, im Laufe der Zeit, welche zwischen dem Erscheinen des ersten Bogens und dem des letzten vergeht, sich allzu sehr verändere. Wenn es gelingt, auch die folgenden Bände ebenso zu beschleunigen, wie mit dem ersten Bande geschehen, so wird in etwa drei Jahren das ganze Werk herausgebracht werden, was nur dadurch möglich ist, daß in der ersten Auflage ein reiches Material zur Benutzung vorliegt, welches die Uebersicht des Stoffes erleichtert, und daß ich für bestimmte Zweige des physikalischen Wissens fleißige

Mitarbeiter gewonnen. Die chemischen Artikel hat Herr Dr. Emil Wolff sämmtlich ganz neu bearbeitet; der geachtete Name dieses fleißigen Gelehrten bürgt für die Tüchtigkeit seiner Leistungen. Der als mathematischer und astronomischer Schriftsteller durch seinen Fleiß und seine Kenntnisse bekannte Herr Dr. G. A. Jahn hat sämmtliche astronomische Artikel einer sorgfältigen Revision unterzogen, und viele, mit J. bezeichnete Artikel ganz neu bearbeitet. Herr Dr. Lehmann hat mich durch Nachträge zu den Artikeln Brechung und Compression unterstützt. Von dem als einer unserer geistreichsten und gelehrtesten Physiker berühmten Herrn Professor Schweigger rührt der Artikel Astronomische und physikalische Bildersprache her. In demselben hat mein innig verehrter Lehrer eine übersichtliche Darstellung seiner geistreichen Untersuchungen und Entdeckungen niedergelegt, welche noch der Würdigung und Anerkennung bloß darum entbehren, weil die Physiker ihre Unkenntniß des philologischen Alterthumes, die Philologen ihre Unkenntniß der Physik hinter einem vornehm scheinenden, im Grunde sehr gemeinen Absprechen über einen Gegenstand, welcher jedenfalls der strengsten wissenschaftlichen Prüfung bedarf, verbergen. Es sollte mich sehr freuen, wenn mein Wörterbuch Veranlassung zu einer endlichen Würdigung der gelehrten Thätigkeit eines Mannes führte, der schon durch seine früheren großen physikalischen Entdeckungen (man denke nur an den Schweigger'schen Multiplicator und an das Schweigger'sche Journal) einen unabweisbaren Anspruch auf Beachtung seiner neueren Entdeckungen hat, abgesehen von dem außerordentlichen Interesse, welches diese für jeden echt wissenschaftlich gebildeten Geist an und für sich haben.

Leipzig, im Dec. 1849.

Oswald Marbach,
Dr. ph. und Professor an der Universität zu Leipzig.

Aal, elektrischer, s. Elektrische Fische.

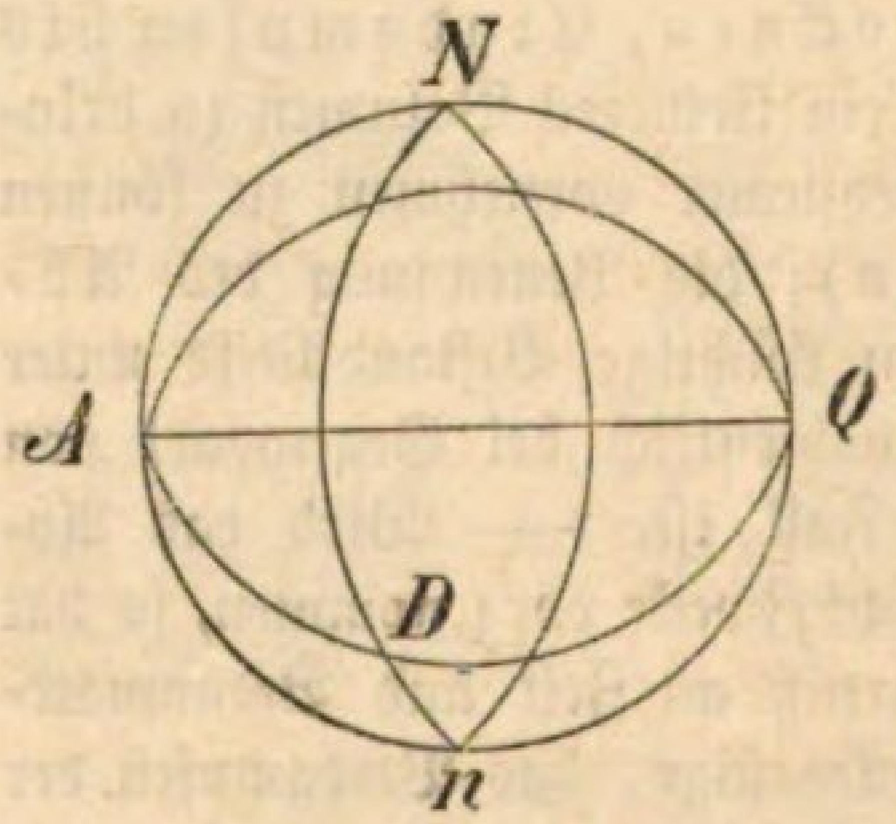
Abdampfen, Abdunsten (lat. evaporatio, franz. und engl. évaporation) ist eine chemische Operation, durch welche man aus einer Flüssigkeit die flüchtigeren Körper von den weniger flüchtigen trennt, indem man die ersteren in Dampfform verwandelt, ohne, wie bei der Destillation, den Dampf wiederum zu condensiren und die condensirte Flüssigkeit für sich aufzufangen. Man hat bei der Operation des Abdampfens entweder die Absicht, die fixen Bestandtheile einer Auflösung im Zustande völliger Trockenheit zu gewinnen (Eintrocknen, Eindampfen bis zur Trockenheit), oder die Flüssigkeit nur auf ein kleineres Volumen zu bringen, um dann andere Operationen mit derselben bequemer vornehmen zu können (Eindampfen, Einengen, Concentriren); die Benennung des Abrauchens wird bei Flüssigkeiten gebraucht, deren flüchtige Bestandtheile unter Bildung eines starken Rauches entweichen, wie es namentlich bei Gegenwart von freier Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure ꝛc. der Fall ist. — Wird das Abdampfen im Großen für pharmaceutische oder technische Zwecke vorgenommen, so hat man vor Allem seine Aufmerksamkeit auf die Ersparniß an Zeit und Brennmaterial zu richten, und deswegen den Gefäßen eine zweckmäßige, das Verdampfen der Flüssigkeit befördernde Form zu geben, die vortheilhafteste Art der Feuerung anzuwenden und die sich bildenden Dämpfe mittelst geeigneter Vorkehrungen möglichst schnell von der Flüssigkeit zu entfernen, welches Letztere durch einen zweckmäßig angebrachten Luftzug und namentlich durch Hineinleiten von heißer Luft, die gesättigt mit Wasserdampf wiederum entweicht, in hohem Grade erreicht wird. Wendet man die Operation des Abdampfens mehr im Kleinen an und besonders bei Gelegenheit der Ausführung von quantitativ-chemischen Analysen, so hat man dabei hauptsächlich auf die Vermeidung jeglichen Verlustes zu sehen und zugleich die abzudampfende Flüssigkeit vor aller Verunreinigung zu schützen. Das Abdampfen geschieht theils an der offenen Luft ohne Anwendung irgend einer künstlichen Wärme, indem man die Flüssigkeit allmälig unter dem Einflusse der Temperatur der atmosphärischen Luft verdunsten läßt, besonders wenn man mit einem durch die Hitze leicht sich zersetzenden Körper zu thun hat, oder wenn man die Bildung von deutlichen und großen Krystallen bezweckt; theils und gewöhnlich an der offenen Luft unterstützt durch künstliche Erwärmung, entweder über freiem Feuer, oder im Wasser-, Sand- oder Oelbade, je nach der Beschaffenheit der Flüssigkeit oder je nachdem man auf die Operation eine längere

oder kürzere Zeit verwenden will; theils im verschlossenen, jedoch lufthaltigen Raume, in welchem Falle man die sich entwickelnden Dämpfe möglichst schnell wieder entfernen muß, indem man sie durch Substanzen, wie concentrirte Schwefelsäure, Chlorcalcium, kohlensaures Kali ꝛc, absorbiren läßt; theils endlich im verschlossenen und luftleeren Raume, wo man die Dämpfe ebenfalls mittelst Absorption durch geeignete Substanzen zum Verschwinden bringt; die letzteren Methoden sind besonders zur völligen Entfernung aller Feuchtigkeit aus einer festen oder flüssigen Substanz anwendbar. S. hierüber den Artikel Trocknen. E. W.

Abdunsten, s. Abdampfen.

Abend (lat. occidens; franz. ouest oder couchant; engl. west) und **Morgen** (lat. oriens; franz. orient; engl. est) nennt man sowohl die Zeit des Unter- und Aufganges der Sonne, als auch die Himmelsgegend, in welcher die Sonne und die übrigen Gestirne unter- und aufgehen. Man sagt aber im letzteren Falle besser: Abend- und Morgengegend, West und Ost, Occident und Orient. — Genauer bestimmen sich Abend- und Morgengegend nach dem Abendpunkt und Morgenpunkt.

Abendpunkt oder Westpunkt und Morgenpunkt oder Ostpunkt. Wenn man in der Ebene des Horizonts ANQ eine gerade Linie AQ senkrecht auf den Mittagskreis NDn zieht, so schneidet diese den Horizont in zwei Punkten, A und Q, von denen der dem Beobachter, welcher das Gesicht dem Nordpunkt N zugewendet hat, links liegende A der Abendpunkt heißt; der rechts liegende Q ist der Morgenpunkt. Dies sind die nämlichen Punkte, in denen der Horizont ANQ und der Aequator ADQ sich schneiden, und welche 90° im Horizont vom Nord- und Südpunkte entfernt liegen. Nur zur Zeit der Nachtgleichen (also am 21. März und am 23. September) geht die Sonne im Abendpunkte unter, während sie im Sommer nordwärts, im Winter südwärts von demselben untergeht.

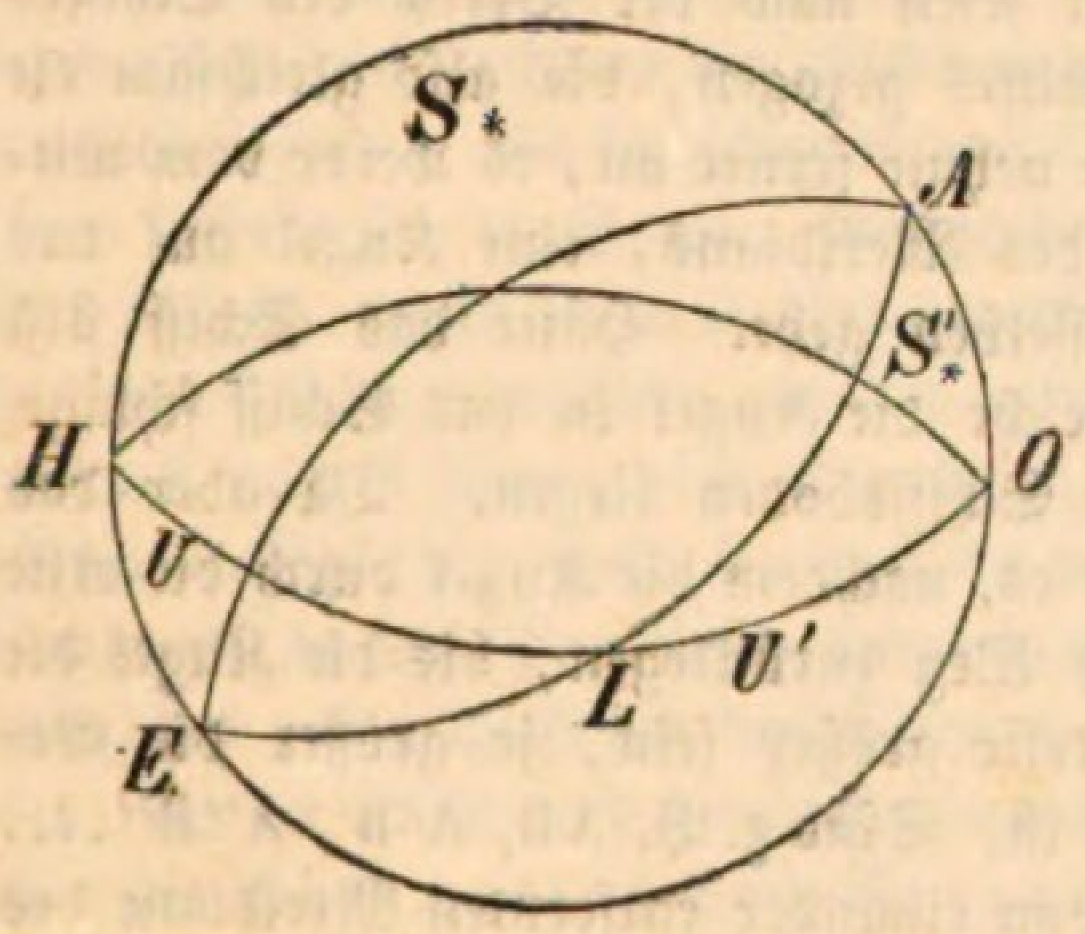


Abendroth, Abendröthe, s. Dämmerung.

Abendstern, s. Venus.

Abendweite und Morgenweite (lat. amplitudo occidua — ortiva; franz. amplitude occidentale — orientale ou ortive; engl. occiduous — eastern amplitude). Die im Aequator stehenden Sterne gehen im Abendpunkte unter und im Morgenpunkte auf, die Punkte aber, in denen die nördlich vom Aequator stehenden Sterne untergehen und aufgehen, liegen nördlich vom Abendpunkte und Morgenpunkte, sowie die Punkte, in denen die südlich vom Aequator liegenden Sterne untergehen und aufgehen, südlich vom Abendpunkte und Morgenpunkte liegen. Der Bogen des Horizonts, welcher zwischen dem Punkte, in dem ein Stern untergeht und aufgeht, und dem Abendpunkte und Morgenpunkte liegt, heißt resp. seine Abendweite und Morgenweite, welche beide eine nördliche und eine südliche sein können. Man findet die Abendweite eines Sternes, wenn man sein Azimuth für den Augenblick des Unterganges von 90° abzieht, oder seinen Ueberschuß über 90°

nimmt, wenn es 90° übersteigt. Denn wenn HLO der Horizont, ALE der Aequator und HEOA der Mittagskreis ist, und U der Punkt, in welchem der Stern S untergeht, so ist L der Abendpunkt, H der Nordpunkt, HU das Azimuth für den Augenblick des Niederganges des Sternes S, UL die Abendweite, folglich UL = HL — HU, aber HL = 90°, folglich UL = 90° — HU; oder geht der Stern S' in U' unter, so ist LU' seine (südliche) Abendweite = HU' — 90°. — Auf ähnliche Weise findet man die Morgenweite eines Sterns, sobald man sein Azimuth für den Augenblick des Aufganges kennt. — Da die Abweichung der Sonne bald nördlich, bald südlich, bald wieder Null ist, so muß dieses Gestirn bald nördliche, bald südliche, bald wieder gar keine Abend- und Morgenweite haben.



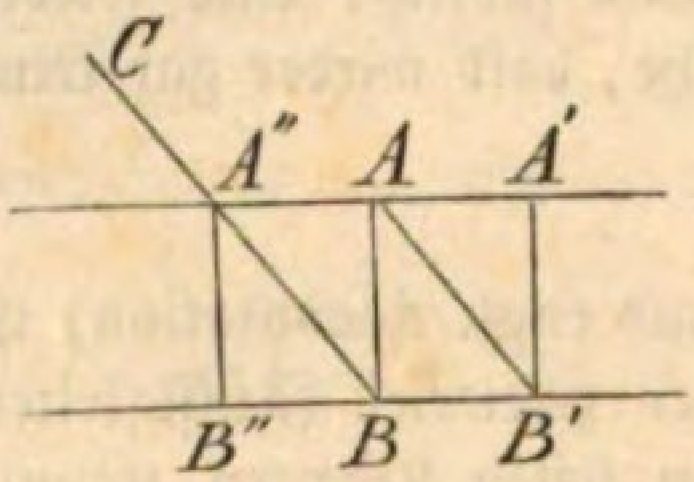
Aberration, s. Abirrung und Ablenkung.

Abgießen, Abnehmen (lat. decantatio; franz. und engl. decantation) ist eine einfache mechanische Operation, wodurch man entweder zweierlei Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte oder Flüssiges von festen Körpern trennt. Es geschieht dies durch Neigen des Gefäßes, oder mittelst des Hebers, der Saugröhre (Stechheber, Pipette), der Spritze, des Scheidetrichters. Das Abgießen einer Flüssigkeit von einem Niederschlage oder einem ungelösten Rückstande ist eine bei analytischen Untersuchungen sehr häufig anzuwendende Operation; man hat hierbei, besonders wenn man die Flüssigkeit auf ein Filter bringen muß, um dieselbe von einem Niederschlage zu trennen, sorgfältig jeglichen Verlust zu vermeiden, und muß zu diesem Zwecke Gefäße anwenden, die von solcher Form sind, daß der herausfließende Strahl mit der Wand des Gefäßes keinen zu spitzen Winkel bildet; der Rand des letzteren muß deshalb etwas glockenförmig nach außen gebogen oder eine etwas vorstehende Rinne (Schnabel) an demselben angebracht sein; zu größerer Sicherheit bestreicht man die Stelle, wo man die Flüssigkeit ausgießen will, an der Außenseite des Randes mit etwas Talg, wodurch das Herabfließen jedes Tropfens an der äußeren Wand verhindert wird, wenn die Flüssigkeit nicht sehr heiß ist oder aus einer starken Lauge von kaustischem Alkali besteht. Auch darf man niemals unterlassen, die Flüssigkeit während des Ausfließens an einem Glasstabe herablaufen zu lassen, indem nur hierdurch das Umherspritzen in dem Trichter oder überhaupt in dem Gefäße, in welches die Auflösung hineingebracht werden soll, vollständig vermieden wird. (Vergl. d. Art. Adhäsion.) E. W.

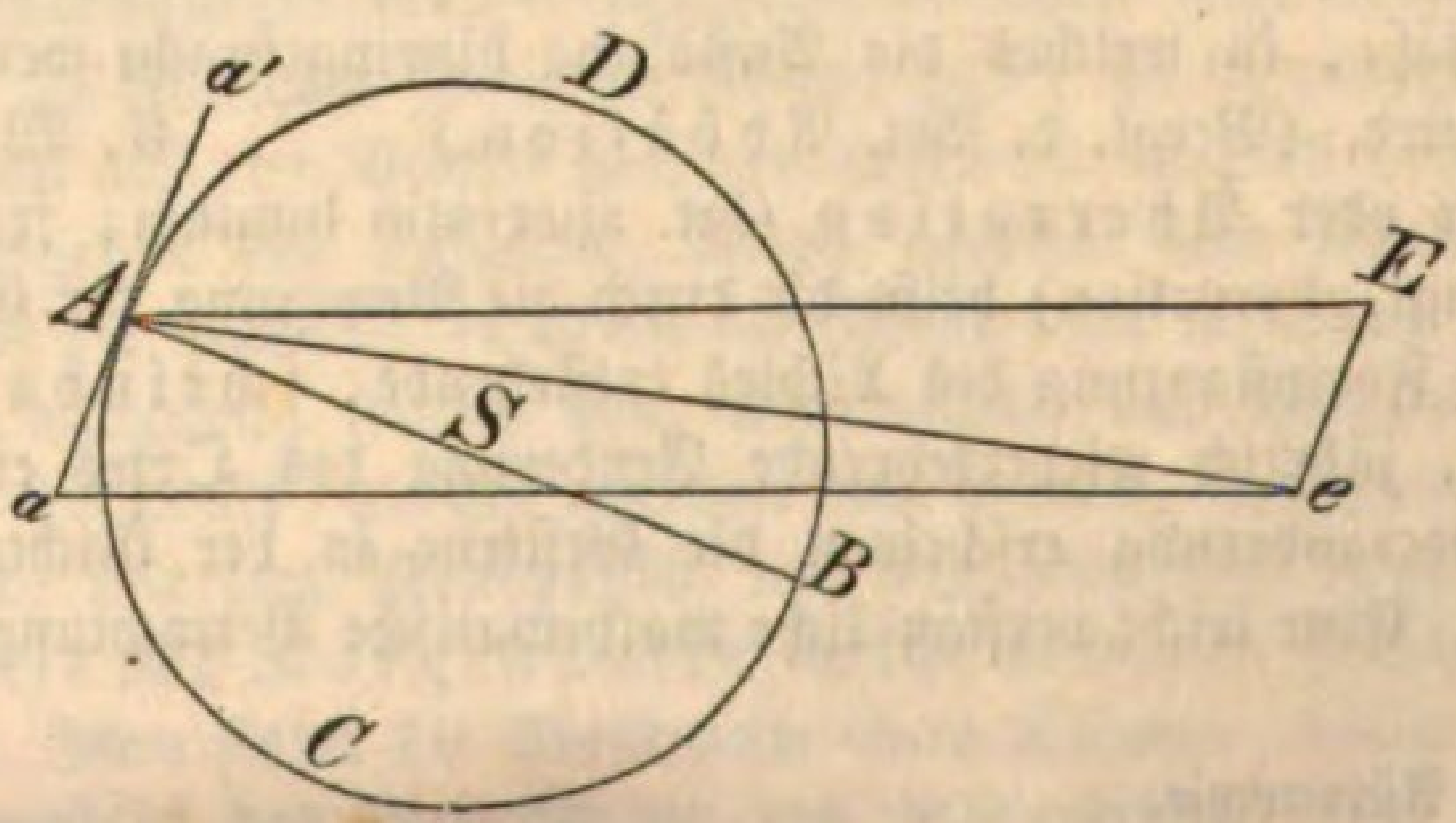
Abirrung des Lichtes oder Aberration (lat. aberratio luminis; franz. aberration de la lumière; engl. aberration) heißt die durch die Bewegung der Erde in ihrer Bahn und durch die Fortpflanzung des Lichtes entstehende, scheinbare, regelmäßig vor sich gehende, jährlich wiederkehrende Aenderung des Ortes eines Sterns. Durch diese Ortsveränderung erscheinen die Gestirne in der Richtung jener Bewegung vorgerückt. Eine leicht verständliche mathematische Betrachtung *)

*) S. Littrow's popul. Astronomie.

wird dies näher erklären. Gesetzt es befindet sich Jemand auf einem viereckigen Schiffe, welches ihm unbewußt mit großer Schnelligkeit von Westen nach Osten einen Strom herunterfährt; auf dem Boden seien nach der Breite des Schiffes gerade Linien senkrecht auf die Seiten des Schiffes gezogen, die also gleichsam die Meridianlinien des Schiffes vorstellen. Man nehme ferner an, es werde vom mittägigen Ufer aus, genau in der Richtung des Meridians, eine Kugel auf das Schiff abgefeuert, die durch beide Wände desselben gehe. Hätte das Schiff still gestanden, so würden die beiden Löcher, welche die Kugel in das Schiff schlägt, genau über derselben Meridianlinie auf dem Schiffsboden liegen. Da aber das Schiff sehr schnell gegen Osten fährt, so wird es, nachdem die Kugel durch die erste südliche Wand geschlagen hat, einen gewissen Weg zurücklegen, bis die Kugel die zweite Wand erreicht, und dieser Weg wird desto größer sein, je größer die Geschwindigkeit des Schiffes gegen die der Kugel ist. Sind z. B. AB, A′B′, A″B″.... die gleichweit von einander entfernten Meridiane des Schiffes, und trifft die Kugel die südliche Wand in A, die nördliche aber in B′, so hat die Kugel den Weg AB = A′B′ zurückgelegt, während das Schiff den Weg BB′ zurücklegte. Ein Mann in dem Schiffe, der nicht weiß, daß er selbst sich mit dem Schiffe bewegt habe, wird daher glauben, man habe nach seinem Schiffe in der Richtung AB′ geschossen, während man doch wirklich in der Richtung des Meridians AB auf dasselbe schoß. Gesetzt aber, er weiß, daß er sich bewege, und daß man in der Richtung des Meridians auf ihn schieße, und daß die Kugel in A″ das Schiff treffen werde, und er wollte eine Röhre, einen Kanal auf dem Schiffe so legen, daß die Kugel ungehindert durch diesen Kanal gehe, ohne die Seitenwände desselben zu berühren, so würde er diesem Kanal offenbar nicht die Richtung A″B″, in welcher die Kugel wirklich abgeschossen wird, sondern die der Linie AB′ parallele Richtung A″B oder die Richtung CB geben müssen, d. h. die Richtung des Kanales würde die Diagonale A″B des Rechteckes AB A″B″ sein müssen, und es ist klar, daß dies auch dann noch wahr sein würde, wenn die Richtung der Kugel A″B″ nicht senkrecht auf die Seitenwände des Schiffes wäre, oder wenn aus dem Rechtecke irgend ein anderes Parallelogramm würde.



Was von der Röhre und der Kugel gesagt wurde, gilt unverändert auch von unseren Fernröhren und dem Lichte, welches die Sterne zu uns senden, vorausgesetzt, daß die Erde sammt dem Fernrohre, wie vorhin das Schiff, sich bewege, und daß die Geschwindigkeit der Erde gegen die des Lichtes noch beträchtlich genug sei, um unseren Sinnen bemerkbar zu sein. Will man das Fernrohr so richten, daß der Stern in demselben erscheine, d. h. daß



sein Licht, ungehindert von der innern Wand des Rohres, in unser Auge gelange, so muß man das Fernrohr nicht auf den wahren Ort des Sternes am Himmel richten, sondern auf einen anderen Ort, welcher gegen den wahren verschiedene Lagen haben wird, je nachdem die Richtungen der Bewegungen des Lichtes und der Erde verschieden sind. Es bezeichne nun A C B D die Erdbahn, im Mittelpunkte S derselben befinde sich die Sonne. Gesetzt dann, die Geschwindigkeit der Erde sei von der Art, daß sie, wenn sie in A eine geradlinige Bewegung (d. i. in der Tangente am Kreise A C B D) annähme, in der nämlichen Zeit, in der das Licht eines Sternes E von E nach A käme, eine Strecke Aa' zurücklegen würde. Verlängert man Aa', bis Aa = Aa' ist, zieht Ee mit Aa und ea mit EA parallel, so ist offenbar die Diagonale Ae des Parallelogrammes A E e a diejenige Richtung, welche man dem Fernrohre geben muß, um den Stern zu sehen, oder Ae ist die Linie nach dem wahren, Ae die Linie nach dem scheinbaren Orte des Sternes, mithin der Winkel EAe die Aberration des Sternes. — Da die Bahn der Erde eine in sich zurücklaufende Linie, eine Ellipse ist, so muß auch demgemäß die scheinbare Lage eines Sternes, wenn man sie ein ganzes Jahr lang unausgesetzt beobachtet, sich so verändern, daß der Stern nach und nach eine scheinbare Bahn beschreibt, die gleichsam ein Wiederbild der Erdbahn im höchst verkleinerten Maßstabe ist. Diese scheinbare Bahn nennt man die Aberrationsellipse. Sie ist für Sterne in dem Pole der Ekliptik ein Kreis, für Sterne in der Ebene der Ekliptik aber eine gerade Linie. Die große Axe der Ellipse bleibt constant, nämlich = 40,5 Secunden, die kleine Axe aber nimmt von 40,5 Sec. allmälig ab bis 0 Sec. Nach den neuesten trefflichen Untersuchungen von Busch *) ist die Constante der Aberration für die Fixsterne höchst wahrscheinlich = 20'',2116 anzunehmen. Nach W. v. Struve**) beträgt sie 20'', 4451 mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0'',0111, nach C. A. F. Peters zufolge der von ihm 1840 angestellten Beobachtungen des Polarsternes 20'',503 mit dem wahrscheinlichen Fehler ± 0'',018. Die in der Astronomie zur Berechnung der Aberration (und Nutation) für einen jeden Fixstern dienenden, genauesten und allgemeinsten Formeln hat Bessel***) angegeben, und allgemeine Tafeln für Aberration (= 20'',4451), Nutation (= 9'',2235) und Schiefe der Ekliptik für 1850 hat Nicolai entworfen und mitgetheilt †). — Die Entdeckung der Aberration machte Bradley, einer der trefflichsten Beobachter aller Zeiten, in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, als er eben bemüht war, die Parallaxe der Fixsterne aus Beobachtungen herzuleiten ††). — Die Aberration hat einen unwidersprechlichen Beweis für die Richtigkeit des Copernicanischen Weltsystems und zugleich auch ein Mittel abgegeben, die Geschwindigkeit des Lichtes (s. Artikel Licht) zu bestimmen.

Abirrung der Magnetnadel, s. Ablenkung.

Abklären ist das Klarwerden oder das Klarmachen einer Flüssigkeit, die Ausscheidung eines gewöhnlich festen in ihr enthaltenen Körpers. Die Abscheidung

---

*) S. Schumacher's astronomische Nachrichten Nr. 309.

**) Sur le coefficient constant dans l'aberration des étoiles fixes pag. 47.

***) Tabulae Regiomontanae etc. Regiom. Pruss. 1830 (p. XVII — XXIII, Tabulae VIII. et IX.).

†) Schumacher's astron. Nachr. XXI. S. 177 ff.

††) Littrow's Popul. Astron. Wien 1825 (I. Theil S. 138 — 144); Nürnberger's Popul. astron. Handwörterbuch. Kempten 1841. S. 8—12.

erfolgt entweder von selbst bei ruhigem Stehen der Flüssigkeit, in Folge des verschiedenen specifischen Gewichtes der mit einander gemengten Substanzen, oder wird künstlich bewirkt oder wenigstens befördert durch Anwendung von Wärme, oder durch Zusatz eines Körpers, der chemisch oder mechanisch mit dem auszuscheidenden Stoffe sich verbindet. E. W.

Abklingen der Bilder, s. Sehen.

Abkühlen (lat. refrigeratio; franz. refrigeration, refroidissement; engl. refrigeration) ist eine Operation, durch welche man einem Körper Wärme entzieht; dieses geschieht in der Regel durch Berührung mit einem kälteren Körper, indem man sich, je nach den Umständen, verschiedener Apparate und verschiedener kälteerregenden Mittel bedient, von denen man einige in den Artt. Destillation, Kältemischung, Specifische Wärme &c. beschrieben findet. E. W.

Ablenkung, Abirrung (lat. deviation; franz. u. engl. deviation) der Magnetnadel aus der Richtung des magnetischen Meridians, als der normalen Stellung, findet statt, sobald der Nadel größere oder kleinere Massen Eisens genährt werden. Wenn es daher darauf ankommt, die normale Stellung der Magnetnadel zu beobachten, so muß man aus der Nähe derselben entweder alles Eisen entfernen, oder man muß eine Vorrichtung anbringen, durch welche der störende Einfluß solcher Eisenmassen aufgehoben wird, oder endlich man muß sich ein bestimmtes Bewußtsein über die Größe der Ablenkung verschaffen, die an einem bestimmten Beobachtungsorte durch in der Nähe befindliche Eisenmassen bewirkt wird, und demgemäß die Beobachtungen der Nadel corrigiren. Besonders störend sind die Eisenmassen, welche sich auf Schiffen befinden, indem sie auf die Nadeln der Compasse wirken, nach denen die Schiffe gesteuert werden und nach denen man auf den Schiffen Beobachtungen über den Erdmagnetismus anstellt. Da das Schiff kein ruhender Beobachtungsort ist, sondern fortwährend seine Stellung gegen den gesammten Erdkörper verändert, so ist es hier viel schwieriger, die Ablenkung zu bestimmen. Schon 1666 machte der Hydrograph Wilh. Denys zu Dieppe darauf aufmerksam, daß zwei an verschiedenen Punkten auf einem Schiffe aufgestellte Compasse niemals genau dieselbe Richtung der Magnetnadel zeigten *). Die Ursache dieser auffallenden Verschiedenheit ist die Verschiedenheit der Stellung, in welche diese Compasse zu den auf dem Schiffe vertheilten Eisenmassen kommen. Auch muß derselbe Compaß auf demselben Schiffe an derselben Stelle des Schiffes verbleibend verschiedene Angaben des magnetischen Meridians geben, sobald das Schiff seine Stellung gegen den Meridian verändert. Die Stellung der Magnetnadel ist nämlich stets eine mittlere Stellung zwischen derjenigen, welche ihr der Erdmagnetismus allein geben würde (der Stellung im magnetischen Meridian), und der Stellung, welche ihr das Eisen des Schiffes allein geben würde. Indem sich die Stellung des Schiffes ändert, treten diese beiden einander theils entgegenwirkenden, theils zusammenwirkenden Kräfte in verschiedene Verbindungen und demgemäß verändert sich die Stellung der Magnetnadel. Auf diesen Einfluß der Stellung des Schiffes auf die Angabe des Compasses machte zuerst Wales aufmerksam, welcher Cook auf seiner zweiten Reise (1772) begleitete, dann (1788) der dänische Admiral Löwenörn. Auch andere Seefahrer bemerkten die veränderliche Ablenkung der Magnetnadel, ohne den Grund derselben zu begreifen. Auf diesen machte erst

---

*) Becquerel traité expér. T. VII. p. 119.

der engl. Steuermann Downie in einem Bericht aufmerksam, welchen Walker in seiner Abhandlung vom Magnetismus 1794 veröffentlichte. Noch weiter ging Flinders 1801 u. 1802. Er beobachtete Verschiedenheiten in der Richtung der Magnetnadel, je nachdem das Vordertheil des Schiffes westwärts oder ostwärts gerichtet war, und schloß daraus, daß die Anziehungskräfte der verschiedenen Theile des Schiffes, welche die Magnetnadel zu afficiren vermögen, sich gleichsam in einem Punkt concentriren, als ob sie sämmtlich von dort aus wirkten, welcher sich ungefähr in der Mitte des Schiffes befindet, wo in der Regel große Massen von Eisen: Anker, Ketten, Kugeln und dergl. angehäuft sind. Seitdem haben die engl. Seefahrer diese Ablenkung der Magnetnadel vielfältig und sorgsam beobachtet. Bain machte auf dieselbe in seiner Schrift über die Abweichung der Magnetnadel aufmerksam. Die Seecapitaine Roß, Parry, Sabine haben sich mit diesem Gegenstande beschäftigt, bis Barlow ein einfaches Mittel entdeckte, den störenden Einfluß der Eisenmassen des Schiffes wenigstens zum Theil unschädlich zu machen. Um eine Vorstellung zu geben von der Größe und Veränderlichkeit der Ablenkung der Magnetnadel durch die Eisenmassen eines Schiffes, führt Barlow folgende Beobachtungen an:

Schiff	Ort	Beobachter	Ablenkung
Conway	Portsmouth	Capit. Hill	4° 32′
Leven	Northfleet	" Owen	6 7
Barracouta	ebend.	" Cuttfield	14 30
Hecla	ebend.	" Parry	7 27
Fury	ebend.	" Hoppner	6 22
Griper	Nore	" Clavering	13 36
Adventure	Plymouth	" King	7 48
Glocester	Channel	" Stuart	9 30

Je mehr man sich dem magnetischen Pole nähert, desto mehr nimmt die sich selbst überlassene Magnetnadel eine senkrechte Lage an (s. Neigung der Magnetnadel), desto schwächer also ist die Kraft, welche ihre horizontale Richtung bedingt (welche sie in den magnetischen Meridian einstellt), desto bedeutender wird also auch auf dem Schiffe der störende Einfluß des Schiffseisens werden. In hohen Breiten beträgt die Ablenkung der Magnetnadel nicht selten 20 und mehr Grade nach Osten oder Westen.

Um sich von den Nachtheilen zu überzeugen, welche die Ablenkung der Magnetnadel für die Schifffahrt hat, muß man bedenken, daß die Magnetnadel der Führer der Seefahrer durch die Wasserwüste ist. Nun zeigt fast nirgends die Magnetnadel genau die Richtung nach den Erdpolen an, sondern hat bald eine westliche, bald eine östliche Abweichung (s. d.) in Folge der eigenthümlichen Vertheilung des Erdmagnetismus. Von der Größe dieser Abweichung kann sich der Schiffer leicht überzeugen, indem er von Zeit zu Zeit durch astronomische Beobachtungen das Azimuth der Magnetnadel bestimmt, d. h. den Winkel, welchen dieselbe mit dem Meridian macht. Indem nun die Richtung, in welcher sich das Schiff unter dem Einfluß des Windes und der Dampfkraft bewegt, mit der Richtung der Magnetnadel verglichen wird, gelingt es dem Seemann, entlegene Orte mit Hülfe

seiner Karten aufzufinden. Hierbei ist aber vorausgesetzt, daß jene Bestimmung des Azimuths der Magnetnadel nicht mit Fehlern behaftet sei. Dies ist aber der Fall, sobald das Schiffseisen die Abweichung der Nadel vermehrt und vermindert, ohne daß diese Störung in Rechnung gebracht werden kann, weil sie nicht nur von der Masse und Vertheilung des Schiffseisens, sondern überdies von der Breite, unter welcher sich das Schiff so eben befindet, und von der Richtung, die es soeben gegen den Meridian hat, — Dinge, die sich fortwährend verändern — abhängt. Gesetzt die Axe des Schiffes, vom Hintertheile des Schiffes nach dem Vordertheile desselben, sei Anfangs senkrecht auf der Ebene des wahren magnetischen Meridians und gegen Westen gerichtet; die Ablenkung der Nadel betrage 20° und sei westlich von ihrer naturgemäßen Richtung; gesetzt ferner, das Schiff sei von West nach Ost gewendet worden, so daß jene Axe sich um einen Winkel von 180° gewendet hat; die Ablenkung sei fortwährend 20°: so ist klar, daß ein Beobachter, welcher die Ablenkung durch das Schiffseisen nicht kennt und welcher also der Meinung ist, die Nadel sei mit sich selbst parallel geblieben (unter dem sich gleichbleibenden Einflusse des Erdmagnetismus), glauben muß, das Schiff sei nur um einen Winkel von 180° — 40° oder von 140° gedreht worden. Er hat also das Bewußtsein von der Richtung, in welcher sich jetzt das Schiff bewegt, so sehr verloren, daß er einen Weg einschlägt, der mit demjenigen, den er einzuschlagen meint, einen Winkel von 40° macht. Durch astronomische Ortsbestimmungen kann der Seefahrer allerdings solche Irrthümer bald berichtigen; aber in der Nähe von Küsten, Sandbänken, Untiefen, während des Lavirens zwischen dem Lande in stürmischen Nächten, kann ein solcher Irrthum, ehe er eingesehn werden konnte, das Verderben des Schiffes herbeigeführt haben. Alle Bestimmungen über die Abweichung der Magnetnadel in den verschiedenen Gegenden der Erde, bei denen auf die Ablenkung durch das Schiffseisen keine Rücksicht genommen, also alle älteren derartigen Bestimmungen sind mithin falsch oder doch unzuverlässig; und auch alle geographischen Aufnahmen von Küsten, bei denen die Ablenkung der Nadel nicht berücksichtigt worden, müssen fehlerhaft sein.

Unter diesen Umständen ist die Ablenkung der Magnetnadel, nachdem man auf ihre Bedeutsamkeit aufmerksam geworden, ein wichtiger Gegenstand der Untersuchung und Belehrung geworden und man hat danach gestrebt sie zu vermeiden, besonders auf Schiffen, die nach den Polargegenden Reisen unternehmen.

Flinders schlug (im Anfange dieses Jahrhunderts) vor, zwei Compasse an verschiedenen Orten desselben Schiffes zugleich zu beobachten und aus den verschiedenen Angaben derselben einen Schluß auf die Lage des wahren Meridians zu machen. Ganz besondere Sorgfalt widmeten Parry (1819) und Duperrey (1822) der Beobachtung der Ablenkung und deren möglichster Vermeidung durch Aufstellung des Compasses und durch Fernhaltung des Schiffseisens von demselben. Aber erst Barlow stellte erfolgreiche Untersuchungen über diesen für die Schifffahrt so überaus wichtigen Gegenstand an und entdeckte ein genügendes Mittel zur Vermeidung der Ablenkung.

Barlow ging von der Ansicht aus, daß die verschiedenen Eisenmassen, welche sich an Bord eines Schiffes befinden, unter dem magnetisirenden Einflusse der Erde magnetische Polarität erlangen, und daher ganz wie wirkliche Magnete (theils anziehend, theils abstoßend) gegen die horizontale Magnetnadel des Com-

passes*) wirken. Zunächst muß man nun darnach streben, eine bestimmte Kenntniß von der Art, in welcher die Magnetnadel in den verschiedenen Stellungen des Schiffes gegen den Meridian gestört wird, zu erlangen. Jedes Schiff verhält sich in dieser Beziehung seiner Größe, Ladung und Armirung gemäß anders. Jedes mit einem corrigirten Compaß auszurüstende Schiff muß daher besonders geprüft werden. Barlow empfiehlt folgende Methode. Der für das Schiff bestimmte Compaß (ein Azimuthalcompaß) wird an einem Orte im Lande aufgestellt, von welchem man die später vom Schiffe auf dem Meere auszuführenden Bewegungen übersehen kann. Nachdem man mit Hülfe desselben den magnetischen Nordpunkt bestimmt hat, bringt man an die Stelle des Compasses einen Theodoliten, dessen Nullpunkt in den wahren magnetischen Norden gestellt wird. Der Compaß wird indeß an seine Stelle auf dem Schiffe gebracht. Das Schiff wird hierauf langsam um seine Axe gedreht, so daß es nach und nach alle mögliche Stellungen gegen den magnetischen Meridian einnimmt, und während dessen beobachtet man vom Schiffe aus mit Hülfe des Compasses die magnetischen Azimuthe des bei dem Theodoliten am Lande aufgestellten Beobachters, während dieser die Azimuthe des beim Compaß auf dem Schiffe aufgestellten Beobachters notirt. Diese Beobachtungen müssen genau gleichzeitig geschehen, deshalb werden sie durch Signale vom Schiffe aus regulirt. Bei jedem Signale zeichnet endlich noch ein dritter Beobachter die Richtung des Schiffes gegen die Weltgegenden auf. Durch diese Prüfung lernt man nun genau die Ablenkungen der Magnetnadel bei den verschiedenen Stellungen des Schiffes kennen. Da nämlich die beobachteten Positionen vom Schiffe und vom Beobachtungsplatze am Lande aus einander genau diametral entgegengesetzt sind, so müßten sie keine Differenz zeigen, wenn nicht eine locale Anziehung auf dem Schiffe gegen die Nadel des Compasses stattfände. Die stets zwischen je zwei gleichzeitigen Beobachtungen stattfindenden Differenzen geben also diese locale Anziehung, welche die Ablenkung bewirkt, in ihrer Mächtigkeit bei der eben vorhandenen Stellung des Schiffes an. Man erhält eine Tabelle wie die folgende, welche das Resultat der Beobachtungen ist, welche die Capitaine Basil, Hall und Barlow an Bord des Schiffes Conway zu Portsmouth-Harbour am 24. Juli 1820 anstellten.

Neigung der Nadel 70° 3′.

Zahl der Beobachtungen.	Richtung des Vordertheils des Schiffes.	Positionsbestimmung vom Lande aus.	Positionsbestimmung vom Schiffe aus.	Differenz oder locale Anziehung.
1	S. i. O.	N. 97° 0′ O.	S. 95° 40′ W.	— 1° 20′
2	Süd.	96 0	94 3	— 1 57
3*	S. i. W.	95 20	92 57	— 2 23
4*	S. S. W.	95 10	92 19	— 2 51
5*	S. W. i. S.	94 8	91 0	— 3 8
6*	S. W.	94 2	90 47	— 3 15
7*	S. W. i. W.	93 35	90 15	— 3 20
8	W. S. W.	93 30	88 32	— 4 58

*) An Essay on magnetic attractions and on the laws of terrestrial and electro-magnetism, by Peter Barlow. Second edition. London 1823. Dazu ein Appendix. 1824.

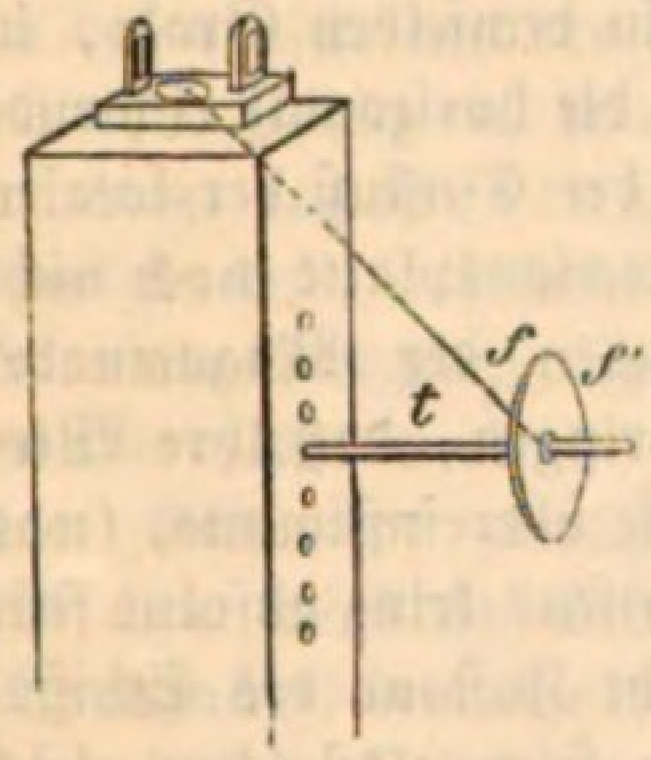
Neigung der Nadel 70° 3′.

Zahl der Beobachtungen.	Richtung des Vordertheils des Schiffes.	Positionsbestimmung vom Lande aus.	Positionsbestimmung vom Schiffe aus.	Differenz oder locale Anziehung.
9*	W. i. S.	N. 92° 10′ O.	S. 87° 32′ W.	— 4° 38′
10	West.			
11	W. i. N.	88 0	84 25	— 3 35
12	W. N. W.	86 35	83 12	— 3 23
13	N. W. i. W.	85 20	82 27	— 2 53
14	N. W.	83 25	81 46	— 1 39
15*	N. W i. N.	84 17	82 7	— 2 10
16*	N. N. W.	83 35	82 3	— 1 32
17	S. S. O.	97 0	97 15	+ 0 15
18	S. O. i. S.	95 50	96 22	+ 0 32
19	S. O.	94 10	95 16	+ 1 0
20	S. O. i. O.	93 20	94 24	+ 1 4
21	O. S. O.	91 0	92 30	+ 1 30
22	O. i. S.	89 30	91 52	+ 2 22
23	Ost.	87 50	91 15	+ 2 25
24	O. i. N.	85 0	89 5	+ 4 5
25	O. N. O.	83 20	86 34	+ 3 14
26	N. O. i. O.	82 10	85 31	+ 3 21
27	N. O.	82 15	84 58	+ 2 43
28	N. O. i. N.	83 0	85 13	+ 2 13
29	N. N. O.	85 50	88 4	+ 2 14
30	N. i. O.	84 40	85 47	+ 1 7
31*	Nord.	83 0	83 7	+ 0 7
32*	N. i. W.	82 28	81 38	+ 0 50

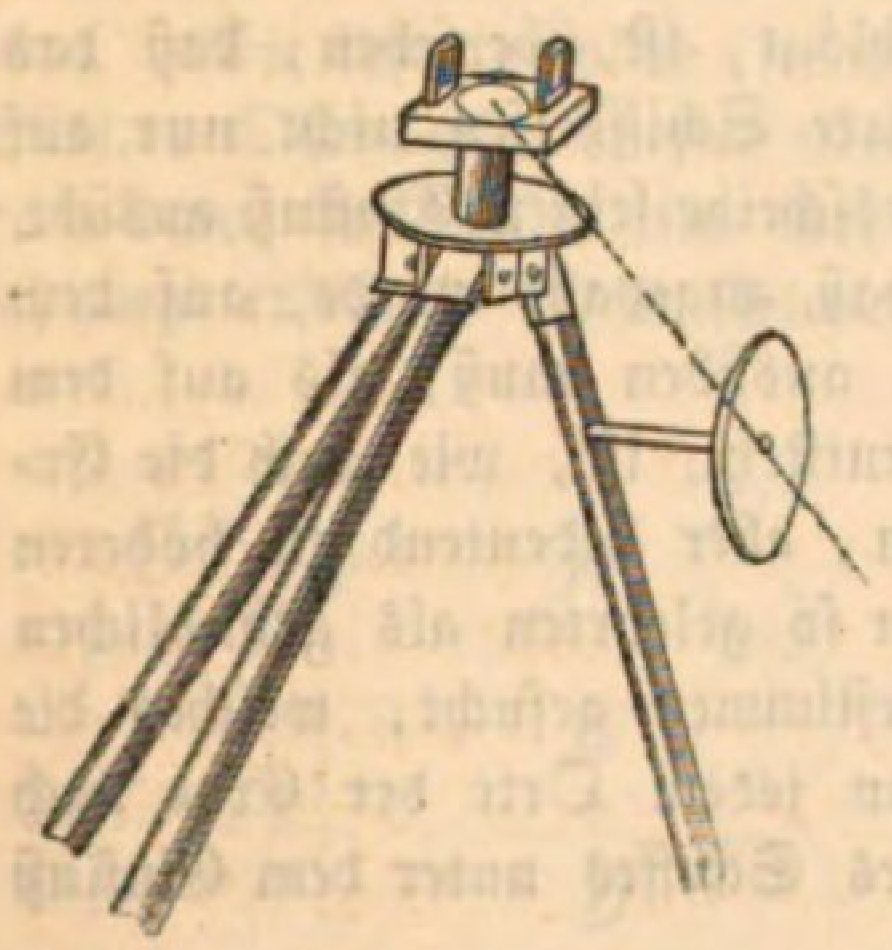
Anmerkung. Die mit einem Stern bezeichneten Beobachtungen wurden aus zwei oder mehreren Beobachtungen bei derselben Stellung des Schiffes abgeleitet, indem man aus den directen Beobachtungen die mittlere Proportionale nahm.

Um nun die Correction des Compasses, welche jene locale Anziehung auf dem Schiffe aufheben soll, zu bewerkstelligen, bringt man den Schiffscompaß wieder ans Land und befestigt an ihm die von Barlow erfundene Correctionsscheibe. Dieselbe ist aus zwei dicken Scheiben von Eisen zusammengesetzt, welche auf einander geschraubt sind und zwar so, daß zwischen ihnen eine Scheibe von Holz liegt. Das Holz dient, die Dicke der Scheibe zu vermehren, ohne das Gewicht derselben sehr zu vergrößern. Statt dieser Doppelscheibe kann man sich jedoch auch einer einfachen Eisenscheibe bedienen, wenn sie nur hinreichend dick ist. Nach Barlow genügt eine einfache Scheibe, wenn das Eisen so dick ist, daß ein Quadratfuß desselben 6 Pfund wiegt, während er die Doppelscheibe für nöthig hält, wenn das Eisen der Platte nur halb so stark ist. Diese Scheiben haben einen Durchmesser von 12 bis 13 Zoll und sind in ihrer Mitte durchbohrt. In diese Oeffnung ist eine kupferne Tille mit Hülfe zweier Schraubenmuttern befestigt, welche die

schraubenförmig gedrehten Enden der Tille beiderseits umfassen und angezogen die beiden Scheiben gegen die zwischenliegende Holzscheibe pressen. Um die Verbindung noch mehr zu befestigen, werden die Scheiben auch gegen den Rand zu noch durch mehrere eiserne Schrauben an einander geschraubt. Auf dem Lande wird der Schiffscompaß auf ein hölzernes Gestell gestellt, in welchem in verschiedenen Abständen von dem Compaß Löcher eingebohrt sind, in die man eine kupferne oder messingene Stange stecken kann, an deren äußeres Ende hernach die Correctionsscheibe mit der Tille aufgesteckt wird.



Durch Versuche muß man nun diejenige Stellung der Scheibe ermitteln, in welcher sie, wenn man das Gestell mit dem Compaß allmälig herumbewegt, nahezu dieselben Ablenkungen der Magnetnadel aus der normalen Stellung bewirkt, welche man zuvor auf dem Schiffe als Folge der dort stattfindenden localen Anziehung beobachtete. Hat man diese Stellung der Correctionsscheibe gefunden, so bestimmt man sorgfältig die Entfernung der Scheibe von der durch den Unterstützungspunkt der Magnetnadel gehenden lothrechten Linie und ihren verticalen Abstand von der Windrose (oder Gradtheilung) des Compasses. Hierdurch wird man in den Stand gesetzt, die Correctionsscheibe endlich auf dem Schiffe ganz in derselben Weise und in derselben Stellung gegen die Compaßnadel an dem Gestelle des Compasses zu befestigen.



Die Wirkung der Correctionsscheibe ist, daß sie die Ablenkung der Magnetnadel verdoppelt und eben dadurch den Seemann in den Stand setzt, durch eine kurze Rechnung die richtige Angabe der Magnetnadel zu finden. Das hierbei nöthige Verfahren beschreibt **Barlow** folgendermaßen: Wenn man aus einer Bestimmung des Azimuths oder der Morgen- oder Abendweite der Sonne oder eines anderen Himmelskörpers die (magnetische) Abweichung bestimmen will, so beginnt man damit, daß man die Beobachtungen auf die übliche Weise anstellt, und unmittelbar darauf wiederholt man sie mit Zuziehung der an ihren Ort gebrachten Correctionsscheibe. Die Differenz der beiden so gefundenen Positionen giebt die locale Anziehung. Z. B. gesetzt das Mittel der ersten Reihe von Beobachtungen gebe die Position 67°, das der zweiten mit der Correctionsplatte 70° 30′, so ist 70° 30′ — 67° = 3° 30′ die locale Anziehung. Hieraus folgt, daß 67° — 3° 30′ = 63° 30′ die richtige Bestimmung des Azimuths ist. Oder wenn die Morgenweite nach gewöhnlicher Beobachtung 13° 30′, die mit der Correctionsscheibe gefundene nur 10° 30′ beträgt, so ist die locale Anziehung 13° 30′ — 10° 30′ = 3°, folglich 13° 30′ + 3° = 16° 30′ die wahre Morgenweite. Wenn die erste Position eines beobachteten Gegenstandes durch Hinzuziehung der Correctionsscheibe verkleinert wird, so muß die Differenz (die locale Anziehung) addirt werden; wenn der zuerst gefundene Winkel durch Zuziehung der Correctionsscheibe vergrößert wird, so muß die Differenz subtrahirt werden.

Anstatt die Correctionsscheibe so anzubringen, daß sie die Ablenkung verdoppelt und dadurch berechenbar macht, kann man sie auch so applicieren, daß sie der Wirkung des Schiffseisens entgegenwirkt und also die Stellung der Magnetnadel an dieser selbst berichtigt. Dieses Verfahren ist bequemer, das erstere genauer.

Mit Hülfe der Correctionsplatte läßt sich der schädliche Einfluß der localen Anziehung auf dem Schiffe nicht völlig aufheben, sondern nur verringern und zwar so sehr, daß er in den mittleren Breiten als unwirksam betrachtet werden kann. Dagegen wird er in den Polargegenden wieder bedeutender in demselben Grade, in welchem die Neigung der Magnetnadel zunimmt. Denn da die horizontal richtende Kraft des Erdmagnetismus hier schwächer wird, so nimmt der Einfluß der localen Attraction wieder zu, und es kann auch der durch die Correctionsplatte noch nicht überwundene Rest localer Attraction bedeutende Ablenkungen der Magnetnadel bewirken. Wäre es möglich, die Correctionsplatte so anzubringen, daß ihre Wirkung ganz genau mit der localen Anziehung auf dem Schiffe übereinstimmte, (was schon deswegen nicht möglich ist, weil ein Theil des Schiffseisens keine absolut feste Stelle am und im Schiffe hat und weil sich der magnetische Zustand des Schiffseisens verändert), so müßte übrigens die Platte unter allen Himmelsstrichen gleich wirksam sein, da der (veränderliche) Einfluß des Erdmagnetismus auf sie stets derselbe ist, wie auf das Schiffseisen. Zur Vermeidung der hieraus fließenden Irrthümer hat man eine eigene Einrichtung des Schiffscompasses vorgeschlagen. (S. Compaß.)

Bei dem Verfahren, welches Barlow vorschlägt, ist übersehen, daß das unter dem Einflusse des Erdmagnetismus magnetisirte Schiffseisen nicht nur auf die Compaßnadel, sondern auch auf die Correctionsscheibe seinen Einfluß ausübt, daß daher diese, welche auf dem Lande an den Compaß angepaßt wurde, auf dem Schiffe eine andere Wirkung auf die Magnetnadel ausüben muß, als auf dem Lande der Fall war. Der Irrthum, der hieraus entsteht, ist, wie auch die Erfahrung bereits bestätigt hat, gering in mittleren, aber bedeutend in höheren Breiten. Daher hat Poisson 1840 in einer eben so gelehrten als gründlichen Abhandlung mit Hülfe der Rechnung direct zu bestimmen gesucht, welches die wahre Neigung und Abweichung der Magnetnadel an jedem Orte der Erde nach den Beobachtungen der Magnetnadel an Bord eines Schiffes unter dem Einfluß des Schiffseisens sei.

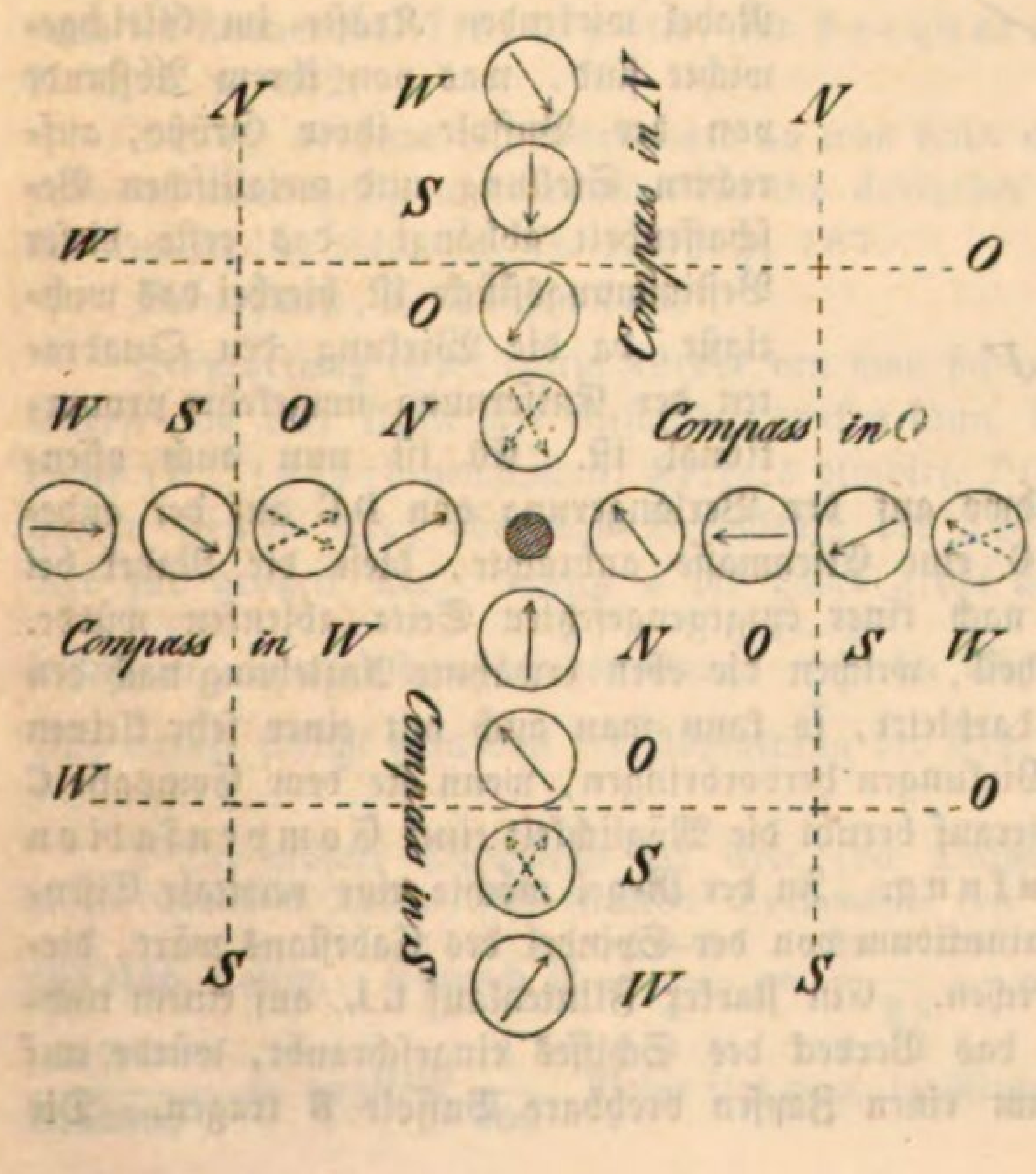
Aus Poisson's Untersuchung geht hervor: daß es möglich ist, den Einfluß, welchen die auf einem Schiffe vertheilten Eisenmassen auf die Nadel der Bussole ausüben, wie sie auch rings um dieselbe vertheilt sein mögen, durch eine einzige Masse desselben Metalls zu ersetzen, welche dieselbe Wirkung hervorbringt, wie alle jene Eisenmassen, und zwar bei jeder beliebigen Stellung des Schiffes gegen den Meridian.

Auch Horner hat über diesen für die Schifffahrt wie für die Wissenschaft (der Geographie und der Lehre vom Erdmagnetismus, welche auf den Angaben der Seefahrer beruhen) höchst wichtigen Gegenstand eine Untersuchung *) angestellt, aus welcher ich das Wesentliche noch mittheilen will.

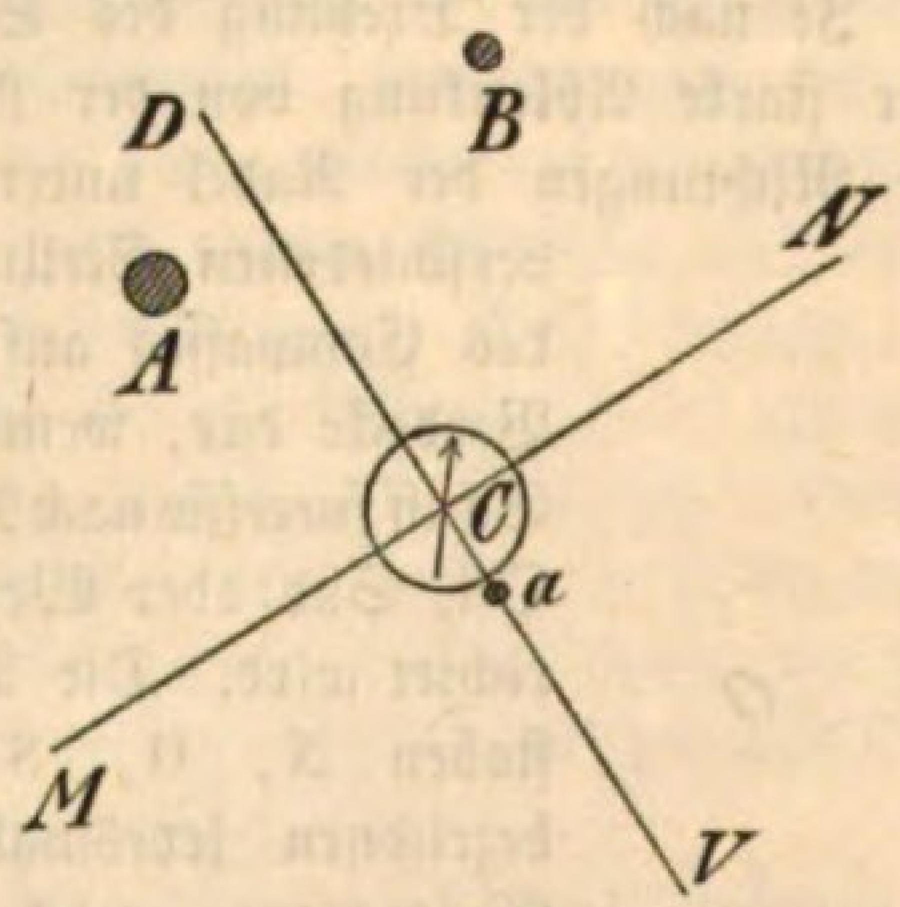
Von den auf dem Schiffe vertheilten Eisenmassen kommt vorzugsweise die eiserne Spindel der Ankerwinde (Cabestan) in Betracht, als die einzige größere

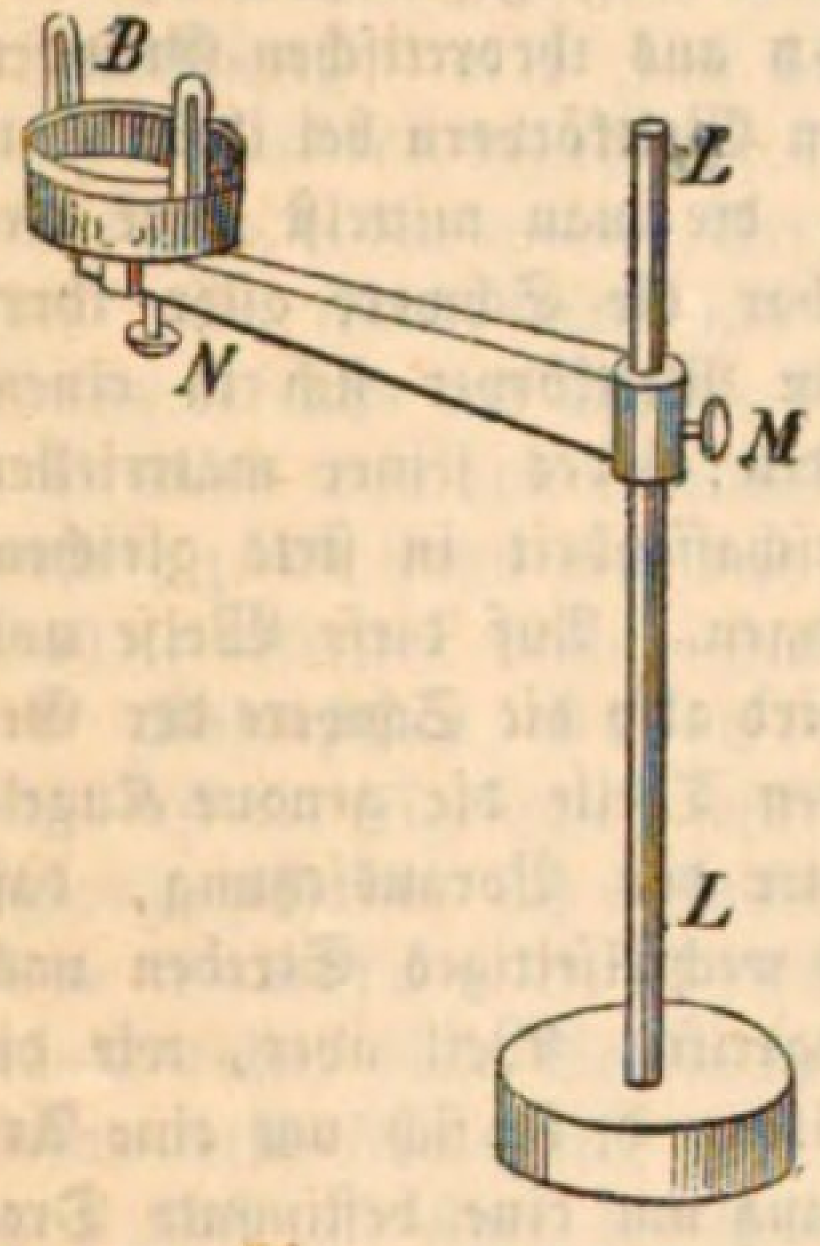
*) Gehler, N. A. Bd. VI., 2. S. 954 ff.

Eisenmasse, welche in der Mitte des Verdeckes unfern von der Nadel des Compasses steht. Sie besteht aus geschmiedetem Eisen (welches nach Barlow eine doppelt so große magnetische Leitungsfähigkeit hat als Gußeisen), steht vertical und ist daher vorzugsweise fähig, einen sehr hervortretenden terrestrischen Magnetismus aufzunehmen; ihr oberes Ende steht mit der Magnetnadel des Schiffscompasses fast in gleicher Höhe über dem Boden. Alle übrigen Eisenmassen des Schiffes sind theils zu fern von der Nadel des Compasses, theils liegen sie horizontal und werden daher nicht von der Erde selbst in Magnete verwandelt, theils bestehen sie aus dem mit geringerer Leitungsfähigkeit begabten Gußeisen. Horner beruft sich auf einige von Barlow angestellte Versuche, um den vorzugsweisen Einfluß der Spindel des Cabestans darzuthun. Die Anbringung eines neuen Cabestans mit einer längeren Spindel (von 11 Fuß Länge und 5 Zoll mittlerer Dicke) bewirkte eine merkliche Vergrößerung der Ablenkung der Magnetnadel. Das obere Ende der erwähnten Spindel hat auf der nördlichen Hälfte der Erde stets eine merkliche Südpolarität. Von dieser wird das Nordende der nahen Compaßnadel immerfort angezogen, und es kommt nur auf die gegenseitige Lage dieser beiden Stücke und auf die Richtung der sie verbindenden Linie in Beziehung auf die Weltgegenden an, um die Ablenkung der Magnetnadel zu bestimmen. Das erstere ist als eine constante, das letztere als eine veränderliche Richtung anzusehen, die von den Drehungen des Schiffes abhängt. Wir wollen der Einfachheit wegen nur vier Lagen annehmen, welche die Bussole gegen die Axe des Cabestans haben kann. Sie kann nämlich (wenn das Schiff nach Norden gerichtet ist) im Norden, Süden, Osten oder Westen von jener stehen. Je nach der Drehung des Schiffs wird dann die Nadel eine mehr oder weniger starke Ablenkung von der Nordrichtung erleiden. Die Zeichnung stellt die Richtungen der Nadel unter vier verschiedenen Stellungen des Compasses auf dem Verdecke dar, wenn das Schiff successiv nach Nord, Ost, Süd oder West gerichtet wird. Die Buchstaben N, O, S, W bezeichnen jedesmal die Weltgegend, nach welcher hin das Schiff gerichtet ist, und dabei die Richtung der Nadel, wobei auf dem Papier, wie gewöhnlich, Nord oben, Süd unten, Ost zur Rechten und West zur Linken genommen wird. In der Mitte der Figur steht der Cabestan; die Pfeilspitze bezeichnet das Nordende der Nadel. Da, wo die Richtung nur durch



eine punktirte Linie dargestellt ist, bleibt es ungewiß, ob die Pfeilspitze gegen die Eisenstange oder von ihr abgekehrt sei; es hängt dieses davon ab, ob die Nadel mehr vom terrestrischen Magnetismus oder von der Polarität der Stange afficirt werde. Gesetzt der Compaß stehe genau im Süden der Eisenstange, so wird er, wenn das Schiff nach Norden gerichtet ist, keine Störung erleiden, eben so wird er auch bei südlicher Richtung desselben im Meridiane sich erhalten, wobei es jedoch auf seine Entfernung von der Stange ankommt, ob er südlich oder nördlich weisen wird. Die stärkste Ablenkung erleidet er, wenn das Schiff in Ost oder West liegt, weil dann die Wirkung rechtwinklig auf den Meridian stattfindet. Steht der Compaß ostwärts von der Stange, so ist seine Ablenkung am größten, wenn das Schiff in Nord und Süd liegt, bei östlicher und westlicher Richtung desselben wird er im Meridiane verbleiben. Ein ähnlicher Gang der Erscheinungen findet statt, wenn er westlich von der Eisenmasse aufgestellt ist; bei südlicher und nördlicher Richtung findet das Maximum der Ablenkung statt. Steht er hingegen im Norden des Cabestans, so tritt dieses nur bei östlicher und westlicher Richtung des Schiffes ein. Man sieht, daß die Richtung des Schiffes, in welcher die Ablenkung am größten ist, zu beiden Seiten nahe einen rechten Winkel mit der Linie bildet, welche das Centrum der magnetischen Anziehung, sei es nun jene Axe des Cabestans allein oder ein Zusammenwirken mehrerer zerstreuter Eisenmassen, mit der Mitte des Compasses verbindet. Gesetzt man habe, wenn das Schiff den einen und den andern Weg in der Richtung MN machte, die größten Fehler des Compasses erhalten, so bezeichnet DV die Linie, auf welcher irgendwo das Centrum der störenden Anziehung sich befindet; sie nimmt zwischen den Eisenmassen A und B eine Lage an, wo ihre auf die Nadel wirkenden Kräfte im Gleichgewichte sind, was von ihrem Abstande von der Bussole, ihrer Größe, aufrechten Stellung und metallischen Beschaffenheit abhängt; das erste dieser Bestimmungsstücke ist hierbei das wichtigste, da die Wirkung den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist. Es ist nun auch offenbar, daß, wenn man irgendwo auf der Verlängerung von DC auf der anderen Seite des Compasses C eine Eisenmasse anbrächte, diese die Nadel bei jeder Stellung des Schiffes nach einer entgegengesetzten Seite ablenken würde. Benutzt man hierzu den Vortheil, welchen die eben erwähnte Anziehung nach den Quadraten der Entfernung darbietet, so kann man auch mit einer sehr kleinen Eisenmasse a die nämlichen Wirkungen hervorbringen, wenn sie dem Compasse C desto näher gebracht wird. Hierauf beruht die Möglichkeit einer **Compensation der magnetischen Ablenkung**. In der Regel möchte eine verticale Eisenstange, die gleichsam das Diminutivum von der Spindel des Cabestans wäre, diesem Zwecke vollkommen entsprechen. Ein starker Flintenlauf LL, auf einem tüchtigen Klotze befestigt oder in das Verdeck des Schiffes eingeschraubt, würde auf einem Seitenarme MN die um einen Zapfen drehbare Bussole B tragen. Die





Erhöhung des Armes an der Stange und die Verschiebung der Bussole auf demselben würden hinreichenden Spielraum für die Modificirung der corrigirenden Wirkung darbieten und man hätte alle Bequemlichkeit, durch Drehung des Hebelarmes MN die Bussole mit dem magnetischen Centrum der Anziehung des Schiffseisens und der gegenwirkenden Eisenstange in eine gerade Linie zu bringen.

Literatur: Sabine, on irregularities in the direction of the compass needles, caused by the attraction of the iron in ships. Phil. Transact. 1819. p. 112.

Barlow, on magnetic attractions and on the laws of terrestrial and electro-magnetism. London 1823. Dazu ein Anhang. 1824. Vergl. die Abhandlungen von Krusenstern und Parrot in den Naturwissenschaftlichen Abhandlungen aus Dorpat. Berlin 1823. Bd. I.

Barlow, on the errors of the course of vessels occasioned by local attraction. Ph. Tr. 1831. p. 215.

Barlow, Methode die locale Variation der Bussole zu corrigiren. Schweigger Journ. Bd. 42. S. 18. Gilb. Ann. Bd. 73. S. 1.

Poisson, mémoire sur les déviations de la boussole produites par le fer des vaisseaux. Ann. de Ch. et de Ph. 69. p. 5. Vergl. Connaissance des temps pour 1840; Relation du Voyage en Islande et au Groenland, sur la corvette La Recherche. T. I., 2. partie, und Becquerel traité de l'El. et du Magn. T. VI, 2. p. 142.

Airy, account of experiments on iron built ships, instituted for the purpose of discovering a correction for the deviation of the compass produced by the iron of the ship. Ph. Tr. 1839. p. 167.

Abnehmen, s. Abgießen.

Abplattung ist bei einem Körper, den man sich als durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden denken kann, die durch die halbe große Axe dieses (Ellipsoid genannten) Körpers dividirte Differenz der halben großen und halben kleinen Axe, oder das Verhältniß der Differenz der großen und kleinen Axe zur großen Axe. Wenn a die halbe große und b die halbe kleine Axe bezeichnet, so wird demnach der Bruch $\frac{a-b}{a}$ die Abplattung ausdrücken. In der Astronomie spricht man von der Abplattung der Erde *) und der Planeten, so daß

---

*) Der größere Durchmesser der Erde (der Durchmesser ihres Aequators) beträgt z. B. 6543908 Toisen, ihr kleinerer Durchmesser (die Axe, um welche sie sich dreht) 6522146 Toisen. Hiernach ist $\frac{a-b}{a} = \frac{2a-2b}{2a} = \frac{6543908 - 6522146}{6543908} = \frac{21762}{6543908}$ = ungefähr $\frac{1}{300}$. Daher sagt man, die Abplattung der Erde sei $\frac{1}{300}$.

man von ihnen sagt, sie haben eine Abweichung von der Kugelgestalt, welche Abweichung in Bezug auf den Erdkörper schon Newton aus theoretischen Gründen erkannte. Die natürliche Ursache nämlich, welche den Weltkörpern bei ihrer Entstehung diejenige kugelähnliche Form verliehen hat, die man mittelst stark vergrößernder Fernröhre an ihnen bemerkt, ist offenbar die Schwere aller ihrer materiellen Theile. Die Schwere muß, sobald ein Weltkörper sich in einem gewissen Flüssigkeits- und Mischungszustande befunden, jedes seiner materiellen Elemente im Verhältniß seiner eigenthümlichen Beschaffenheit in stets gleichem Grade nach einem gemeinsamen Mittelpunkte hindrängen. Auf diese Weise und wegen des Gleichgewichtes und der Gleichförmigkeit wird also die Schwere der Gesammtheit aller unter und gegen einander sollicitirenden Theile die genaue Kugelform nothwendig gegeben haben, freilich nur unter der Voraussetzung, daß keine andere, fremdartige Kraft störend in ein solches wechselseitiges Streben nach Erreichung eines angemessenen Aggregatzustandes eingreift. Weil aber, wie die Astronomie nachweist, die Erde und die Planeten rotiren, d. h. sich um eine Axe herumdrehen, so entsteht, da diese rotirende Bewegung um eine bestimmte Drehungsaxe gleichförmig stattfindet, für jeden Punkt der Oberfläche des kugelförmigen Weltkörpers, als welchen wir hier beispielsweise die Erde annehmen wollen, offenbar das, was man Schwung nennt, der desto stärker ausfallen muß, je schneller überhaupt die Rotation der Erde ist und je weiter jeder betreffende Punkt des Erdkörpers von dessen Rotationsaxe abliegt. Es muß daher dieser Schwung dem erwähnten Streben der materiellen Theile zum Mittelpunkte ihrer Vereinigung, d. h. also ihrer Schwere entgegenwirken und die von derselben abhängende Kugelgestalt der Erde mehr oder weniger afficiren. Wenn φ, φ' die geographischen Breiten irgend zweier Parallelkreise der Erdoberfläche, und f, f' die daselbst resp. wirkenden Fliehkräfte bezeichnen, so ist, wie die Mechanik (man sehe z. B. Poisson traité de méc. T. I. No. 259) lehrt: $f : f' = \cos\varphi : \cos\varphi'$, d. h. die Fliehkräfte in verschiedenen Parallelkreisen verhalten sich wie die Cosinus der Breiten dieser Parallelkreise. Unter dem Aequator ist daher der Schwung am größten, unter den Parallelkreisen aber desto kleiner, je kleiner die Parallelkreise selbst werden, bis unter den Polen selbst der Schwung ganz wegfällt. Dies Alles zeigt die angegebene Formel. Unter dem Aequator ist überdies die Schwungkraft der Schwere gerade entgegengesetzt, unter den Parallelkreisen bloß in einer immer schiefer werdenden Richtung, bis endlich unter den Polen selbst die Schwere ganz allein wirkt. Indem also diese Modificationsweise der Wirkungen der Schwere und der Schwungkraft mit dem ursprünglichen Zustande der Erde noch vor der Sonderung und Erhärtung ihrer verschiedenen Bestandtheile zugleich stattfand, mußte hierdurch ein stärkeres Einsinken der Polargegenden und ein gegentheiliges gürtelähnliches Auftreiben der Aequatorealgegenden die offenbare Folge sein. So ward denn der Polardurchmesser oder die Rotationsaxe kürzer als der Aequatorealdurchmesser, wie man es auch an einer auf einen Stab gesteckten und damit schnell umgeschwungenen (noch weichen) Thonkugel sehr deutlich veranschaulichen kann. (Vergl. Centrifugalmaschine.) Die Erde (und eben so auch jeder Planet) muß folglich sphäroidisch geformt sein, d. i. die Gestalt einer eingedrückten oder abgeplatteten Kugel haben. — Wie man die Größe der Abplattung der Erde und der Planeten bestimmen kann, wird in den Artikeln Erde und Planeten gezeigt. J.

Absolut (v. d. lat. absolvere, ablösen) bezeichnet im Allgemeinen so viel wie „unabhängig" oder „an und für sich betrachtet", im Gegensatze zu relativ (v. d. lat. referre, beziehen) d. i. „in Beziehung auf ein Anderes betrachtet", oder specifisch (v. d. lat. species, Art) d. i. „in Bezug auf eigenthümliche Eigenschaft betrachtet." So spricht man von absoluter, relativer, specifischer Schwere, Kraft ꝛc. Häufig bedeutet das Wort absolut nur so viel als „vollkommen", „durchaus", z. B. wenn man von absoluter Genauigkeit spricht, oder so viel als „unvermischt", „rein", z. B. wenn man den vollkommen von allen Beimischungen (namentlich von Wasser) befreiten Weingeist absoluten Alkohol nennt.

Absorption, Verschluckung (v. d. lat. absorbere, verschlucken, einschlürfen), ist die Eigenschaft fester und flüssiger Körper, Stoffe, die in einem loseren Aggregatzustande sich befinden, in sich aufzunehmen, ohne jedoch mit ihnen eine chemische Verbindung einzugehen. Der gewöhnliche Sprachgebrauch dehnt diese Benennung auch auf solche Fälle aus, wo offenbar chemische Verwandtschaften thätig sind; so spricht man von einer Absorption der Kohlensäure durch Kali und Kalk, des Ammoniaks durch Säuren, des Chlors durch Metalle ꝛc. Es ist nicht immer leicht, die Grenze zwischen einer chemischen und einer nicht chemischen Verbindung mit Genauigkeit festzustellen. Temperatur und Luftdruck sind freilich, wie wir sehen werden, von dem größten Einfluß auf die durch Absorption bewirkten Erscheinungen, aber nicht immer ist die Erforschung dieses Einflusses zur Erkennung sogenannter mechanischer Verbindungen und zur Unterscheidung derselben von durch chemische Thätigkeit bewirkten Absorptionen anwendbar; denn es giebt wirklich chemische Verbindungen, deren Bestandtheile zu einander eine so schwache Verwandtschaft besitzen, daß sie schon durch eine geringe Veränderung des Luftdrucks und besonders der Temperatur aus einander fallen. Das doppeltkohlensaure Kali z. B., wenn man es in Wasser gelöst unter der Luftpumpe einem geringen Drucke aussetzt oder in der freien Luft zum Sieden bringt, verliert sogleich unter Aufbrausen einen Theil der Kohlensäure, so daß, nach H. Rose, ein Sesquicarbonat in der Lösung zurückbleibt; auch auf die Bildung der Verbindung des Phosphors mit Sauerstoff zeigen sich Temperatur und Luftdruck von Einfluß, indem unter gewöhnlichem Barometerstande die Vereinigung bei 24° bis 28° C. stattfindet, bei 5fach geringerem Drucke aber oder wenn, wie in der atmosphärischen Luft, der Sauerstoff mit seinem 5fachen Volumen an Stickstoffgas gemengt ist, schon bei 7° C. In diesen Fällen ist aber das Endresultat immer eine nach bestimmten Verhältnissen zusammengesetzte chemische Verbindung und durch die Abänderung der Temperatur und des Luftdruckes kann man hier nicht, wie es bei der rein mechanischen Absorption der Gase der Fall ist, die Menge des absorbirten Körpers in ein beliebiges Verhältniß zu der des absorbirenden bringen. Auf der anderen Seite giebt es aber Erscheinungen, welche in den Kreis der hier zu betrachtenden zu gehören scheinen, und von denen doch nicht leicht nachzuweisen ist, daß die Wirkungen der chemischen Verwandtschaft bei ihnen völlig ausgeschlossen sind, da der entstandene Körper zuweilen den Charakter einer schwachen chemischen Verbindung annimmt; wir erinnern hier nur an die Absorption des Ammoniaks und des Chlorwasserstoffgases durch Wasser. Die allmälige Sättigung des Wassers mit diesen Gasen, ohne daß, wie bei chemischen Verbindungen, bestimmte Abschnitte zu bemerken wären, scheint gegen die Thätigkeit einer chemischen Verwandtschaft bei diesen Erscheinungen zu sprechen; die hierbei auftretende Wärmeentwickelung könnte man

dagegen als Beweis anführen, daß eine chemische Verbindung sich bilde, wenn nicht eine solche Wärmeentwicklung auch bei andern unbezweifelt mechanischen Erscheinungen, z. B. bei der Absorption des Ammoniakgases durch die Kohle, beobachtet worden wäre.

Wir werden hier nur die Absorption gasförmiger Stoffe durch feste und flüssige Körper abhandeln und bemerken, daß von der Eigenschaft starrer poröser Körper, Flüssigkeiten in sich aufzunehmen und Feuchtigkeit anzuziehen, ohne ihren Zustand der Festigkeit zu verlieren, in den Artikeln Haarröhrchenwirkung und Hygrometer die Rede sein wird.

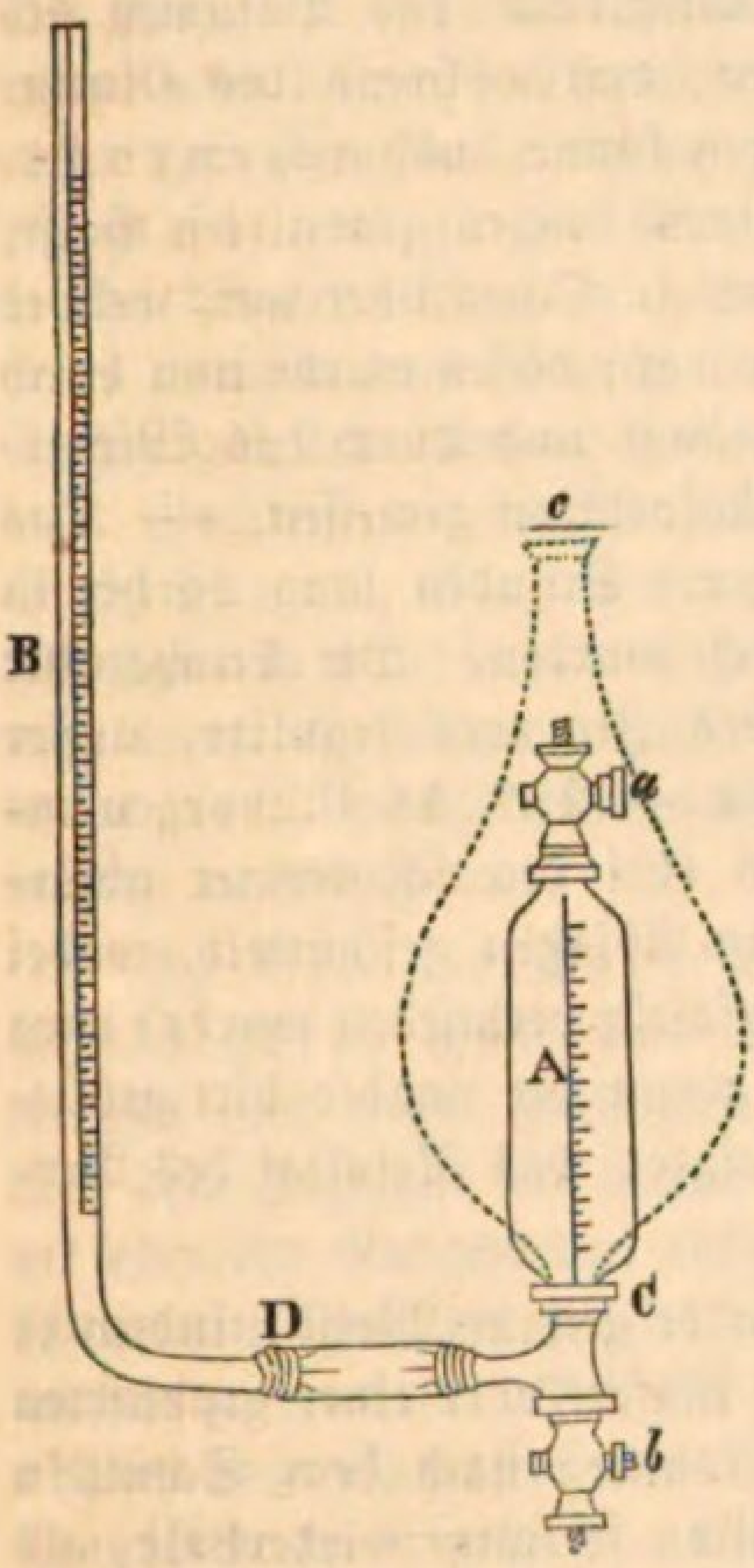
Von allen Körpern, welche die Eigenschaft der Absorption von Gasen und Dämpfen in einem ausgezeichneten Grade besitzen, sind die Kohle und das Wasser am häufigsten und ausführlichsten untersucht worden und wir können hier bei der Betrachtung des Absorptionsvermögens der flüssigen Körper vom Wasser, der starren von der Kohle ausgehen, indem das Verhalten der andern bisher untersuchten Stoffe mit wenigen Worten nachträglich mitzutheilen sein wird.

I. Absorption der Gase durch Flüssigkeiten.

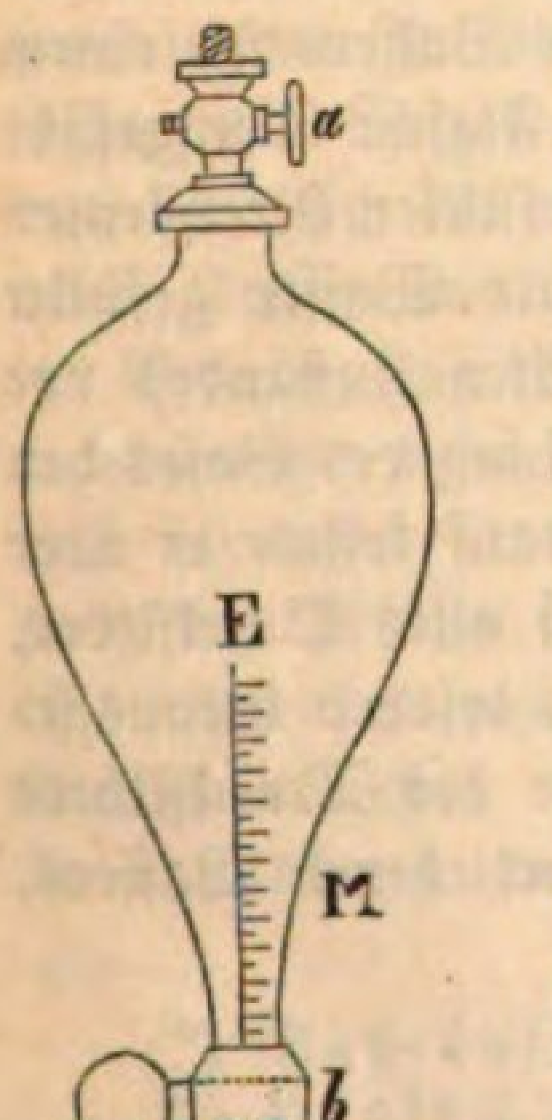
Die Fähigkeit des Wassers, Luft in sich aufzunehmen und zurückzuhalten, bemerkten schon Boyle, Huyghens und Mairan, daß aber diese Luft ihrer quantitativen Zusammensetzung nach von der atmosphärischen Luft verschieden und sauerstoffreicher als diese sei, blieb Priestley zu entdecken vorbehalten. Derselbe fand, fast gleichzeitig mit Cavendish *), daß die Kohlensäure in bedeutender Menge von reinem Wasser absorbirt werde, und machte ebenfalls, wie es scheint zuerst, aufmerksam darauf, daß der Druck der Atmosphäre nicht wenig zur Festhaltung der in dem Wasser aufgelösten Kohlensäure beitrage. „Denn“, sagt Priestley **), „bringt man das Pyrmonter Wasser unter die Luftpumpe, so wird es sogleich, wegen der großen Menge Luft, die aus ihm entbunden wird, aufzuwallen anfangen; dies ist die Ursache, warum Bier im luftleeren Raume so stark schäumt; daher ich auch nicht im mindesten zweifle, daß man vermöge eines Luftdruckwerks dem Wasser die Kraft des Pyrmonter Brunnens in weit höherem Grade mittheilen könne.“ Die Methode Priestley's zur Untersuchung des Absorptionsvermögens des Wassers in Bezug auf Gasarten bestand einfach darin, daß er die letzteren in einen mit Wasser angefüllten Cylinder leitete und mit demselben stark schüttelte. Hassenfratz machte später die Mittheilung, daß er in der im Regenwasser enthaltenen Luft 0,4 Sauerstoff gefunden habe, und Fourcroy bemerkte, ohne jedoch von der Richtigkeit seiner Angabe vollkommen überzeugt zu sein, daß mit Sauerstoffgas geschwängertes Wasser Wasserstoffgas absorbire, während das gewöhnliche reine Wasser ganz indifferent gegen das letztere Gas sich verhalte (s. weiter unten).

Henry beschäftigte sich zuerst ausführlich mit der Absorption von Gasarten durch reines Wasser, unter verschiedenem Luftdruck und bei verschiedener Temperatur ***). Zur Bestimmung des absorbirten Gases, wenn dasselbe in reichlicher Menge verschluckt wurde, bediente er sich des folgenden Apparates:

*) Phil. Transact. Vol. 56.
**) Versuche und Beobachtungen Bd. I. S. 32.
***) Phil. Transact. for 1803. P. I. u. Gilb. Ann. Bd. XX. S. 147.



Das Gefäß A ist aus Glas, 2 Z. weit und $4^1/_2$ Z. lang und nach Viertel-Cubikzollen eingetheilt, oben mit einer Messingkappe versehen, in welche der Hahn a eingeschroben ist; mit dem untern Ende ist das Gefäß auf einer kupfernen Röhre aufgekittet, welche in b einen Hahn hat und von welcher unter einem rechten Winkel ein Schenkel ausgeht. Die ebenfalls unter einem rechten Winkel gebogene Glasröhre B ist oben offen, ungefähr $^1/_4$ Z. weit und von einem gegebenen Punkte ab in Hundertel-Cubikzoll eingetheilt. Eine Röhre D aus wasserdicht schließendem Zeuge (Indian rubber), über welcher sich eine Hülle von Leder befindet, verbindet diese Glasröhre mit der kupfernen Röhre und erlaubt, das Gefäß A schnell hin und her zu bewegen. Bei dem Gebrauche füllt man zuerst den ganzen Apparat mit Quecksilber, schraubt dann auf den obern Hahn eine mit einem Hahn versehene Flasche mit Kautschuk auf, welche Wasser von einer gegebenen Temperatur enthält, und öffnet den Hahn, wodurch eine freie Verbindung der Flasche mit dem Glasgefäße bewirkt wird; öffnet man nun auch den untern Hahn b, so läuft durch diesen das Quecksilber aus dem Apparat und statt desselben tritt Wasser hinein, dessen Menge sich vermittelst der an A angebrachten Scale messen läßt. Man nimmt darauf die Flasche weg und schraubt statt ihrer eine andere auf, welche Gas enthält, und läßt davon auf dieselbe Art eine abgemessene Menge hineintreten. Alsdann schüttelt man stark und gießt, wenn das Gas im Gefäße A absorbirt wird, in die Röhre B Quecksilber nach, bis dieses zu Ende des Versuches wieder in einerlei Niveau mit dem Quecksilber im Absorptionsgefäße A steht. Standen beide Quecksilberflächen auch zu Anfang des Versuchs im Niveau, so mißt das Volumen des in der Röhre B hinzugegossenen Quecksilbers das Volumen des absorbirten Gases.



Bei Gasarten, die in nur geringer Menge absorbirt werden, wendete Henry einen einfacheren Apparat an. Das Glasgefäß E faßt $57^1/_2$ Cubikzoll, hat unten einen eingeschliffenen Glasstöpsel b und oben ein messingenes mit einer Schraube versehenes Hahnstück a. Man füllt das Glas mit gut ausgekochtem Wasser, öffnet den Hahn und bringt das Instrument unter den Recipienten einer Luftpumpe, wo man es so lange im luftleeren Raume läßt, als beim Pumpen noch Blasen aus dem Wasser aufsteigen. Dann läßt man aus einer Kautschukflasche oben durch den Hahn das Gas hineinsteigen, indem man durch den untern Hahn b eine genau zu messende Menge Wasser ausströmen läßt. Darauf schüttelt man tüchtig, hält das Gefäß in Quecksilber und öffnet den Hahn, durch welchen nun Quecksilber in das Gefäß eintritt. Bringt man nun die innere und äußere Quecksilberfläche ins Niveau, so giebt das

Volumen des ins Glasgefäß hineingetretenen Quecksilbers das Volumen des absorbirten Gases. Um dem Vorwurf zu begegnen, daß während des Hineingießens das Wasser wieder etwas Luft verschluckt haben könne, nahm Henry ferner große Kugeln aus sehr dünnem Glase, mit einem langen graduirten Halse, füllte sie mit kochendem Wasser und kehrte sie sogleich in Quecksilber um, welches nach dem Erkalten in den Hals des Gefäßes gestiegen war; dieses wurde nun durch eine bestimmte Gasmenge zum größten Theil verdrängt und durch das Wiederaufsteigen des Quecksilbers im Halse die Größe der Absorption gemessen. — Das zu den Versuchen verwendete Wasser war stets mehrere Stunden lang vorher in einem zinnernen Gefäße mit enger Oeffnung ausgekocht worden. Die Temperatur des Gefäßes und seines Inhaltes wurde durch die des Zimmers regulirt, außer wenn der Versuch bei einer Temperatur von mehr als + 29°, 44 C. vorgenommen wurde. Der während der Dauer des Versuches (bei den schwieriger absorbirbaren Gasarten wurde 12 bis 24 Stunden lang in Absätzen geschüttelt, wobei das Anfassen des Gefäßes mit der warmen Hand sorgfältig vermieden wurde) etwa veränderte Barometerstand wurde berücksichtigt, und wenn der unabsorbirt gebliebene Theil des Gases eine fremdartige Beimengung zeigte, das Resultat des Versuches hiernach corrigirt.

Dalton verfuhr auf einfachere, aber auch minder genaue Weise, indem er sich zur Absorption der Gase durch Wasser nur einer Flasche oder einer graduirten Röhre bediente, die er mit dem Finger schließen konnte; nach dem Schütteln wurde sie unter dem Wasser geöffnet und diese Operation so lange wiederholt, als noch etwas absorbirt wurde *).

Bei allen Gasarten, von denen 1 Maß Wasser mehr als $^1/_7$ Maß aufnimmt, wandte Saussure **) die folgende Methode an. Er leitete sie über Quecksilber in eine Röhre von 4 Centimeter ($1^1/_2$ Par. Z.) innerem Durchmesser, ließ dann von der Flüssigkeit, durch die sie absorbirt werden sollte, eine 5 bis 6 Centimeter hohe Säule hinzutreten, beförderte das Durchdringen durch Schütteln und bestimmte die Absorption erst, nachdem Gas und Flüssigkeit mehrere Tage lang mit einander in Berührung gewesen waren. — Minder verschluckbare Gasarten füllte er in eine Flasche M von 250 Cubikcentimeter Inhalt, deren Gewicht im leeren und mit Wasser gefüllten Zustande genau bestimmt war, erhielt diese $1^1/_2$ Stunde lang umgekehrt unter dem Wasser der Wanne, um ihr dessen Temperatur zu ertheilen, und verschloß sie dann an der Oberfläche des Wassers mit einem luftdicht passenden gläsernen Stöpsel; hierauf ließ er aus dieser Flasche M ungefähr $^1/_6$ des Gases unter Quecksilber in einen mit Quecksilber gefüllten Recipienten steigen, welches $^1/_6$ er hierauf über der Wasserwanne in eine mit Wasser gefüllte Flasche N leitete, deren Abwägung (im ganz mit Wasser gefüllten Zustande) vor und (im zum Theil gashaltenden Zustande) nach der Einfüllung des Gases den Umfang des letztern (im Wassergewicht) zu erkennen gab. Hierauf leitete er über Quecksilber in die Flasche M soviel ausgekochtes Wasser, daß alles Quecksilber, welches die Stelle des herausgelassenen Gases vertreten hatte, wieder herausgetrieben wurde. Wurde nun die Flasche M an der Oberfläche des Quecksilbers verschlossen und gewogen, so ergab sich der Umfang des hineingetriebenen Wassers.

*) Gilbert Ann. Bd. XXVIII. S. 399.
**) Gilbert Ann. Bd. XLVII. S. 166 ff.

Die Flasche M, in einer Zange gehalten, wurde $^1/_4$ Stunde lang heftig geschüttelt, dann durch längeres Eintauchen in die Wasserwanne auf die ursprüngliche Temperatur gebracht, dann in umgekehrter Lage (bei gleichem Niveau des Wassers in der Flasche und in der Wanne) geöffnet und wieder verschlossen. Hierbei war so viel Wasser in dieselbe getreten, als Gas absorbirt worden war, und der Unterschied zwischen dem Gewichte der Flasche M vor und nach dem Oeffnen unter dem Wasser gab den Umfang des absorbirten Gases in Wassergewicht zu erkennen.

Nachdem wir die Methoden und Apparate kennen gelernt haben, mit deren Hülfe Henry, Dalton und Saussure die Absorptionsfähigkeit verschiedener Flüssigkeiten untersucht und bestimmt haben, wollen wir jetzt die Versuche selbst und deren Resultate betrachten, sowie die Umstände näher ins Auge fassen, von denen die Absorption abhängig ist und durch welche dieselbe in hohem Grade modificirt werden kann.

1) Die Beschaffenheit und Reinheit der absorbirenden Flüssigkeit und des absorbirten Gases. Die Menge des Gases, welches von einer Flüssigkeit aufgenommen werden kann, richtet sich wesentlich nach dem Zustande der Reinheit der letztern; enthält diese schon eine einfache Gasart oder ein Gasgemenge aufgelöst, dann absorbirt sie um so weniger; zuweilen scheint ein Theil des bereits absorbirten Gases durch das neu hinzugetretene ausgetrieben zu werden. Auf der andern Seite erhält das Wasser z. B. durch die Aufnahme von Sauerstoff die Fähigkeit, auch Wasserstoff in nicht unbeträchtlicher Quantität zu absorbiren, während es im luftleeren Zustande gegen das Wasserstoffgas fast ganz indifferent sich zu verhalten scheint*). Hierbei scheint keine unmittelbare chemische Verwandtschaft thätig zu sein und der Wasserstoff sich nicht mit dem Sauerstoff zu Wasser zu verbinden, denn man kann durch Kochen der Flüssigkeit das absorbirte Wasserstoffgas wieder unverändert austreiben; und die Beobachtung einiger Naturforscher, daß nach längerer Zeit (ähnlich wie bei Berührung mit fein zertheiltem Platin) ein solches Gasgemenge wirklich in Wasser sich verwandle, bedarf noch der ferneren Bestätigung **). Die ungleiche Wirkung des Wassers auf den Sauerstoff und auf den Stickstoff (s. unten) zeigt sich auch bei der Auflösung von Salzen. Gay-Lussac und Humboldt fanden nämlich, daß reines Seinewasser um die Hälfte Luft mehr beim Kochen hergab, als Seinewasser, worin Kochsalz aufgelöst war; ein Unterschied, welcher von der sehr bedeutenden Luftmenge herrührt, die sich schon im Kalten während der Auflösung des Salzes aus dem Wasser entbindet. Der Sauerstoffgehalt dieser letztern Luft fand sich bei einer genauern Analyse nur 0,225, der der Luft dagegen, welche durch Kochen aus dem mit Salz geschwängerten Wasser ausgetrieben war, 0,305; ein Beweis, daß die Luft, welche während des Auflösens der Salze sich entbindet, weit weniger rein ist, als die, welche in der Auflösung zurückbleibt. Aus diesen und ähnlichen Untersuchungen geht also zur Genüge hervor, daß es bei der Prüfung des Absorptionsvermögens einer Flüssigkeit zunächst von großer Wichtigkeit ist, alle atmosphärische Luft, welche dieselbe stets in größerer oder geringerer Menge enthält, vollständig aus derselben zu entfernen. Man bewirkt dieses in der Regel durch stundenlang fortgesetztes Kochen in einem Gefäße, das

*) Gay-Lussac und Humboldt in Gilb. Ann. XX. S. 141.

**) Hooke a. a. O. S. 143 Anm. und in diesem Artikel weiter unten.

mit einem langen und engen Halse versehen ist und das man, während des Erkaltens, luftdicht verschlossen hält. Saussure verfuhr folgendermaßen: Eine kleine Flasche wurde mit destillirtem Wasser gefüllt, offen unter Wasser in einen Kessel gestellt, der damit angefüllt war, und dann alles Wasser wenigstens 3 Stunden lang in lebhaftem Kochen erhalten. Daß das Wasser seiner Luft so viel als möglich beraubt sei, erkannte er daraus, daß sich keine Luft mehr ansammelte, wenn er während des Kochens die Flasche neigte. Sie wurde sodann ganz aufgefüllt, unter dem kochenden Wasser mit einem gläsernen Stöpsel verschlossen und umgekehrt in Quecksilber gesetzt. Selbst durch sehr langes Kochen scheint das Wasser nicht vollständig von der Luft befreit werden zu können; denn wenn die Flaschen im kochenden Wasser zugepfropft worden waren, entstand durch das Zusammenziehen des Wassers beim Abkühlen in ihnen ein leerer Raum, dieser wurde aber, wenn die Flasche mehrere Tage lang umgekehrt im Quecksilber gestanden hatte und dann unter Quecksilber geöffnet wurde, nicht ganz vom Quecksilber angefüllt. Immer sah man in dem gekochten Wasser eine kleine Luftblase, die aber bald absorbirt wurde; bedeutend größer war diese Luftblase beim Alkohol oder Aether*). Man hat deshalb vorgeschlagen, die Flüssigkeit mit einem gröblichen Pulver von reinem Quarzsand, Metallfeilicht oder einem andern unlöslichen Körper sieden zu lassen, weil solche Körper, der Erfahrung zufolge, eine jede Gasentbindung begünstigen. Pictet**) bemerkt, daß nach Deluc die letzten Antheile von Luft so fest am Wasser haften, daß es diesem Naturforscher nicht anders gelang, vollkommen luftleeres Wasser zu erhalten, als wenn er den Kolben, worin sich das Wasser befand, in einem beständigen Schütteln fast sechszehn Tage lang erhielt, das Wasser von Zeit zu Zeit darin kochte, und während des Kochens den in eine Spitze ausgezogenen und hermetisch verschlossenen Hals des Kolbens durch Schmelzung der Spitze öffnete, um die sich entwickelnde Luft hinauszujagen. Daß das Kochen nicht ausreiche, um aus dem Wasser alle darin enthaltene atmosphärische Luft auszutreiben, sucht Carradori***) daraus zu beweisen, daß, wenn man solches Wasser noch kochend in ein enghalsiges Gefäß gießt und unter einer Decke von Oel erkalten läßt, damit keine äußere Luft hinzu könne, ein kleiner Fisch eine Zeit lang in dem Wasser leben und athmen kann. Flüssigkeiten, die sich beim Kochen entweder verändert oder verflüchtigt haben würden, wie die Oele und einige Salzauflösungen, versuchte Saussure mittelst der Luftpumpe von dem in ihnen aufgelösten Gase zu befreien. Jedoch läßt sich auf diesem Wege ebenso wenig als durch Kochen alle Luft austreiben, und je flüchtiger die Flüssigkeit ist, desto weniger gelingt dieses, indem sie sich zu keiner hohen Temperatur erheben lassen und der Druck ihrer elastischen Dämpfe auch unter dem Recipienten der Luftpumpe das Entweichen der Luft verhindert. — Daß eine zu untersuchende Flüssigkeit auch frei sein müsse von aufgelösten salzigen Substanzen, geht schon aus der obigen Bemerkung hervor, daß diese auf die absorbirte Gasmenge einen bedeutenden Einfluß ausüben.

Henry verdanken wir die ersten genauen Versuche über das Absorptionsvermögen des Wassers gegen verschiedene Gasarten; er erhielt zunächst bei An-

*) Saussure a. a. O. S. 182.
**) Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 413.
***) Journ. de Phys. T. LXII. p. 473 und Gilb. Ann. a. a. O.

wendung der Kohlensäure, bei derselben Temperatur, bei gleicher Reinheit von Gas und Wasser und bei einerlei Barometerstand, Resultate, die dessenungeachtet unter einander beträchtlich abwichen, und fand durch fernere Versuche die Vermuthung Dalton's bestätigt, daß diese Abweichungen in der verschiedenen Menge des Rückstandes ihren Grund hätten *). Wurden z. B. 2 Maß kohlensaures Gas mit 1 Maß Wasser geschüttelt, so erhielt er eine bedeutend größere Absorption, als wenn er weniger Gas nahm. Es scheint hierbei auf den Antheil des nicht absorbirten Rückstandes an atmosphärischer Luft anzukommen, welche bei aller erdenklichen Vorsicht nicht vollständig zu entfernen ist. Daß dieses wirklich auf jene Abweichungen von Einfluß sei, glaubt Henry ferner aus einem Versuche mit einem Gemenge von atmosphärischer Luft mit kohlensaurem Gase entnehmen zu können. Statt daß 10 Maß Wasser, bei 12°,78 C. Wärme, wenn sie mit 20 Maß kohlensaurem Gase geschüttelt wurden, wenigstens 10 Maß in sich aufnahmen, verschluckten sie aus einer Mischung von 20 Theilen kohlensauren Gases und 10 Theilen atmosphärischer Luft nur 6 Theile kohlensaures Gas. Es ist deswegen nöthig, bei den Versuchen über die Absorption des kohlensauren Gases die Menge des Gasrückstandes anzugeben, wie dies in der folgenden, von Henry mitgetheilten Tabelle geschehen ist:

Versuch	Temperatur	Zum Versuch kamen: Maße		Es betrug an Maßen		Es verschl. also 100 C.-Z. Wasser an Gas
		Wasser	Gas	die Absorption	also der Rückstand	
1	12°,78 C.	13	32	14	18	108 C.-Z.
2	29 ,44	13	32	11	21	84 "
3	12 ,78	13	24	14	10	108 "
4	12 ,78	10	15	10	5	100 "
5	12 ,78	20	20	18	2	90 "
6	12 ,78	19	19	16	3	84 "
7	29 ,44	19	19	13	6	70 "
8	43 ,33	10	20	6	14	60 "
9	43 ,33	20	20	9	11	45 "

In Versuch 5 enthielten die 2 Maß Rückstand 0,15 Maß atmosphärische Luft; davon hatten die 20 Maß kohlensaures Gas 0,13 Maß enthalten, weshalb die 20 M. Wasser während der Absorption nur 0,02 Maß oder ungefähr $^1/_{1000}$ ihres Volumens an atmosphärischer Luft hergegeben hatten. In Versuch 6 enthielten die 3 Maß Rückstand $^1/_6$ Maß atmosphärischer Luft. Cavendish hatte, gleichzeitig mit Henry **), bei einer Temperatur von 12°,78 C. ähnliche Verschiedenheiten in der Menge des absorbirten Gases nach der verschiedenen Größe des Rückstandes wahrgenommen; nämlich als die Absorption zum Rückstande

*) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 153 ff.
**) A. a. O. S. 155.

sich verhielt wie	hatten 100 C.-Z. Wasser absorbirt
100 : 164	116 C.-Z. kohlensaures Gas
100 : 16	107 „ „ „
100 : 10	$102^1/_2$ „ „ „
100 : $1^1/_2$	$95^1/_2$ „ „ „

Wenn das kohlensaure Gas und das Wasser einerlei Temperatur haben, so geht während der Absorption eine wahrzunehmende Erwärmung vor, durch welche die Temperatur des Wassers um 0°,22 bis 0°,33 C. erhöht wird; dasselbe zeigt sich, jedoch in minderem Grade, während Schwefelwasserstoffgas oder Stickstoffoxydulgas sich im Wasser condensiren. Doch muß man, um dies zu bemerken, bedeutende Mengen von Gas und von Wasser anwenden (Henry). Die Resultate der Versuche Henry's über das Absorptionsvermögen des Wassers gegen andere Gase waren folgende:

	Absorption in 100 Theilen Wasser bei 15°,55 C. Wärme.
Schwefelwasserstoffgas	106 bis 108 Maß
Stickstoffoxydulgas	86
Stickstoffoxydgas	5
Sauerstoffgas	3,55
Phosphorwasserstoffgas	2,14
Kohlenoxydgas	2,01
Kohlenwasserstoffgas	1,40
Stickstoffgas	1,47
Wasserstoffgas	1,53

Aus diesen Versuchen Henry's und nach eignen Erfahrungen hat Dalton*) eine Reihe von theoretischen Sätzen abgeleitet, in welchen er behauptet, daß das Wasser von einer Gasart, mit welcher es sich nicht chemisch verbindet, bei mittlerer Temperatur und mittlerem Drucke der Atmosphäre ein Volumen verschluckte, welches sich zum Volumen des Wassers selbst wie 1, $^1/_8$, $^1/_{27}$, $^1/_{64}$, $^1/_{125}$ ꝛc. zu 1 verhält; oder nach folgender Zahlenreihe: $\frac{1}{1^3}$ (kohlensaures Gas, Schwefelwasserstoffgas, Stickstoffoxydulgas), $\frac{1}{2^3}$ (ölbildendes Gas), $\frac{1}{3^3}$ (Sauerstoffgas, Stickstoffoxydgas, Sumpfgas), $\frac{1}{4^3}$ (Stickstoffgas, Wasserstoffgas, Kohlenoxydgas), $\frac{1}{5^3}$ (keins noch entdeckt). Dasselbe Gesetz soll nach Dalton auch für alle anderen nicht klebrigen Flüssigkeiten, wie für Alkohol, die Säuren und Salzauflösungen gelten, wenn hierbei nicht etwa eine chemische Verwandtschaft sich thätig zeigt. Ferner hat Dalton die Ansicht aufgestellt, daß luftfreies Wasser, wenn es mit zwei oder mehreren Gasarten geschüttelt wird, von jeder dieser Gasarten gerade so viel verschluckt, als es von ihnen einzeln, bei derselben Dichtigkeit der Gasart, in sich aufgenommen haben würde; und ebenso daß, wenn Wasser, welches mit irgend einem Gase schon geschwängert ist, mit einem andern Gase in Berührung kommt, es von dem erstern so viel fahren lasse und von dem andern dagegen so viel aufnehme, daß die Gasmengen, welche nach diesem Austausche in dem Wasser zurückbleiben, genau in dem Verhältnisse stehen, als die Absorptionen, welche die beiden Gase durch das Wasser einzeln erlitten haben würden, wenn sie mit

*) Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 397 ff.

demselben in der Dichtigkeit, welche sie in dieser Vermengung haben, einzeln in Berührung gebracht worden wären. So z. B. verschluckt luftfreies Wasser, das man mit atmosphärischer Luft schüttelt, welche aus 0,79 Stickstoffgas und 0,21 Sauerstoffgas besteht, wenn man dem Volumen des Wassers 100 Theile giebt, $\frac{100}{64} \cdot 0{,}79 = 1{,}234$ Theile an Stickstoffgas, und $\frac{100}{27} \cdot 0{,}21 = 0{,}778$ Theile an Sauerstoffgas, zusammen also 2,012 Theile Luft. Wir wollen hier nicht näher eingehen auf diese Dalton'sche Theorie, welche zu mannigfachen theoretischen Streitigkeiten Veranlassung gegeben hat *), und bemerken nur, daß die im Folgenden mitgetheilten Versuche Saussure's die Unrichtigkeit jener ersten Behauptung Dalton's, daß eine jede Flüssigkeit die Gasarten nur nach dem Verhältnisse von 1, $^1/_8$, $^1/_{27}$ ꝛc. ihres eignen Volumens absorbire, hinlänglich zu beweisen scheinen. Saussure fand nämlich die Absorption unvermischter Gasarten durch Wasser und Alkohol bei einer Temperatur von 18° C. folgendermaßen:

Es absorbirt bei 18° C. von	100 Maß luftfreies Wasser	100 Maß luftfr. Alkohol von 0,84 spec. Gewicht
	Maß	Maß
Schwefligsaurem Gas	4378	11577
Schwefelwasserstoffgas	253	606
Kohlensaurem Gas	106	186
Stickstoffoxydulgas	76	153
Oelbildendem Gas	15,5	127
Sauerstoffgas	6,5	16,25
Kohlenoxydgas	6,2	14,5
Wasserstoffgas	4,6	5,1
Stickstoffgas	4,2	4,2

Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß die Absorption der Gase durch verschiedene Flüssigkeiten, wie durch Wasser und Weingeist nichts weniger als gleich ist; der Weingeist verschluckt oft doppelt so viel als das Wasser. Bei Gasarten, die wenig absorbirt werden, ist dieser Unterschied nicht mehr so auffallend; bei ihnen lassen sich indeß die Absorptionen des Weingeistes weniger genau bestimmen, wegen der Luft, die er beim Sieden zurückhält. Diese Versuche stimmen nicht besser mit dem Gesetz überein, welches Dalton in den Absorptionen der verschiedenen Gasarten durch eine und dieselbe Flüssigkeit wahrzunehmen glaubte, denn es finden sich hier viel zu große Unterschiede zwischen den Absorptionen, welche das kohlensaure Gas, das Schwefelwasserstoffgas und das oxydirte Stickgas (welche Dalton für vollkommen gleich verschluckbar ausgiebt) von den Flüssigkeiten erleiden, als daß sie Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden könnten.

*) Man sehe hierüber unter Andern: Bemerkungen für und wider Dalton's neue Theorie über die Beschaffenheit gemischter Gasarten, über seine Vorstellung, wie das Gas im Wasser vorhanden ist, und über die Frage: ob Gasarten unter einander und zum Wasser chemisch verwandt sind; in Gilb. Ann. Bd. XXI. S. 377 — 432. Vgl. auch Liebig's und Poggend. Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. Art. Absorption.

Saussure bemerkt ferner, daß die Absorption der Gase nicht rein mechanischer Natur sein könne, sondern daß auch die chemische Verwandtschaft Einfluß auf dieselbe ausüben müßte, weil sonst die Gasarten von allen Flüssigkeiten in derselben Ordnung absorbirt werden würden, welches jedoch keineswegs der Fall ist, wie die folgenden von Saussure erhaltenen Resultate zeigen:

Gasvolumen absorbirt von 100 Volumen der Flüssigkeiten	Wasser	Farbloses Petroleum, von 0,784 spec. G.	Lavendelöl von 0,88 spec. Gew.	Olivenöl	Gesättigte Lösung von Chlorkalium
Oelbildendes Gas . .	15,5	261	275	151	61
Stickstoffoxydulgas .	76	254	209	150	29
Kohlensäuregas . . .	106	169	191	122	10

Das Lavendelöl absorbirt also von dem Kohlensäuregas ungefähr doppelt so viel, als das Wasser, nimmt aber vom ölbildenden Gas mehr als das Zwölffache auf, welches nur in einer gewissen Verwandtschaft zwischen dem Oele und dem Gase seinen Grund haben kann. Saussure hat endlich auch den Einfluß der physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeiten auf ihr Absorptions-Vermögen einer näheren Prüfung unterworfen und die von ihm gefundenen Resultate in der folgenden Tafel zusammengestellt.

Bei 18° C. absorbirte 1 Volumen	von spec. Gewicht	Volumen Kohlensäuregas	100 Theile wässerige Auflösung enthielten
Alkohol	0,803	2,6	
Aether	0,727	2,17	
Lavendelöl	0,88	1,91	
Thymianöl.	0,89	1,88	
Weingeist	0,84	1,87	
Petroleum	0,784	1,69	
Terpentinöl	0,86	1,66	
Leinöl	0,94	1,56	
Olivenöl	0,915	1,51	
Wasser	1,000	1,06	
Salmiaklösung . . .	1,078	0,75	27,53 kryst. S.; gesätt. Auflös.
Gummilösung	1,092	0,75	25 Gummi
Zucker	1,104	0,72	25 Zucker
Alaun	1,047	0,7	9,14 kr. S.; ges. Aufl.
Schwefelsaures Kali . .	1,077	0,62	9,42 kr. S.; ges. Aufl.
Schwefelsaures Natron .	1,105	0,58	11,14 gegl. S.; ges. Aufl.
Chlorkalium	1,168	0,61	26 kr. S.; ges. Aufl.
Salpetersaures Kali . .	1,139	0,57	20,6 kr. S.; ges. Aufl.
Salpetersaures Natron .	1,206	0,45	26,4 kr. S.; ges. Aufl.
Schwefelsäure	1,84	0,45	
Weinsteinsäure . . .	1,285	0,41	53,37 kr. S.; ges. Aufl.
Chlornatrium	1,212	0,329	29 Salz; gesätt. Aufl.
Chlorcalcium	1,402	0,261	40,2 gegl. S.; ges. Aufl.

Der mehr oder weniger flüssige Zustand scheint also auf das Absorptionsvermögen der Flüssigkeit von Einfluß zu sein; jedoch läßt sich keineswegs eine allgemeine Regel darüber aufstellen, daß etwa der Grad der Absorption sich nach diesem Zustande richte, sondern, wie schon oben angeführt wurde, es werden hier andere Verwandschaften und Anziehungen noch ins Spiel kommen. So sehen wir die fetten Oele bei viel geringerer Flüssigkeit doch eine weit größere Menge kohlensaures Gas absorbiren als das Wasser; und ebenso übertreffen die Absorptionen des kohlensauren Gases in Gummi- und Zuckerwasser, an Größe, die in den weit flüssigern Auflösungen von schwefelsaurem Natron und von Chlorkalium. Dagegen finden sich auch andere Flüssigkeiten, welche mehr von dem kohlensauren Gas als andere von geringerer Flüssigkeit absorbiren, wie dies z. B. mit dem Aether und Alkohol in Vergleichung mit Wasser, und mit diesem letztern in Vergleichung mit mehreren Salzauflösungen der Fall ist. So gering der Einfluß der Klebrigkeit der flüssigen Körper auf die Größe der Absorption zu sein scheint, so bedeutend ist er, was die Zeit betrifft, welche sie brauchen, um sich mit Gas völlig zu sättigen. Klebrige Flüssigkeiten, wie die fetten Oele, die Auflösung von Chlorkalium, Gummiwasser rc. bedurften bei gleichem Anziehungsvermögen beträchtlich längere Zeit, um mit einem Gas sich zu sättigen, als weit flüssigere Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser, Steinöl, Alkohol, Aether und die ätherischen Oele.

Die Dichtigkeit der Flüssigkeiten scheint auf ihr Absorptionsvermögen einen großen Einfluß zu haben; im Allgemeinen besitzen die leichtesten Flüssigkeiten ein stärkeres Absorptionsvermögen als die specifisch schwereren. Ausnahmen von dieser Regel finden sich fast nur bei solchen Flüssigkeiten, deren specifisches Gewicht nicht sehr verschieden ist, und sind ohne Zweifel eine Folge besonderer Verwandtschaften. Wahrscheinlich hat auch das specifische Gewicht der Gasarten selbst Einfluß auf die Mengen, welche eine Flüssigkeit von ihnen verschluckt, und auf die Zeit, in welcher dieses geschieht. Denn alle Gasarten, welche beträchtlich schwerer als die atmosphärische Luft sind, erleiden im Wasser keine so geringen Absorptionen, wie Stickgas, Wasserstoffgas, Sauerstoffgas und Kohlenoxydgas; und von zwei Gasarten, die von einer Flüssigkeit in gleichem Maße absorbirt werden, wird die leichtere weit langsamer eingesogen, wie z. B. von dem Steinöl das ölbildende Gas weit langsamer, als das Stickstoffoxydulgas. Endlich kann man aus den bisher angeführten Versuchen noch ersehen, daß im Allgemeinen diejenigen Gase am meisten absorbirt werden, welche am leichtesten in den tropfbarflüssigen Zustand übergehen.

Es ist bei allen Untersuchungen über die Absorption der Gase von großer Wichtigkeit, sich von der Reinheit der angewandten Gase zu überzeugen, indem die ungleiche Verschluckbarkeit derselben Abweichungen in den Resultaten hervorbringen würde. Henry, Dalton, Humboldt und Gay-Lussac hatten schon bemerkt, daß ein Theil des absorbirten Gases wiederum aus einer Flüssigkeit sich entwickele, wenn diese mit einer andern Gasart in Berührung käme, und Dalton hatte nach diesen Versuchen das schon oben angeführte Gesetz aufgestellt, daß zwei Gasarten in einer Flüssigkeit immer den nämlichen Raum einnehmen, den sie einnehmen würden, wenn jede einzeln bei dem Grade von Dichtigkeit, den sie in der Mischung hat, absorbirt worden wäre. Saussure suchte die Haltbarkeit dieser Behauptung durch die folgenden Versuche zu prüfen:

100 Maß luftleeres Wasser absorbirten bei 18° C.

1) von 434 Maß eines Gemenges aus gleichen Theilen Kohlensäuregas und Wasserstoffgas 47,5 Maß, und zwar von dem erstern Gase 44, von dem zweiten 3,5 Maß;

2) von 390 Maß eines Gemenges aus gleichen Theilen Kohlensäuregas und Sauerstoffgas 47,1 Maß von dem erstern und 5 Maß des zweiten, im Ganzen also 52,1 Maß;

3) von 357,6 Maß eines Gemenges aus Kohlensäuregas und Stickstoffgas 43,9 Maß des erstern und 3,3 Maß des zweiten Gases, im Ganzen also 47,2 Maß.

Vergleicht man den Raum, den die vereinigten Gase im Wasser einnehmen, mit demjenigen, der ihnen nach den oben angeführten Versuchen zukommt, so findet man, daß die Gegenwart des einen Gases die Absorption des andern begünstigt, insofern man auf den relativen Raum sieht, den jedes derselben in dem Wasser einnimmt. Saussure bemerkt, in Bezug auf die so eben angeführten Resultate seiner Versuche, daß keins derselben Dalton's Theorie entspricht, welcher zufolge das Volumen des verschluckten kohlensauren Gases nur halb so groß als das der absorbirenden Flüssigkeit, und auch die absorbirten Volumina der andern Gase viel kleiner hätten sein sollen, als sie sich aus seinen Beobachtungen ergeben haben. Es ist jedoch hier zu bemerken, daß die Beobachtungen Saussure's keineswegs mit den weiter unten anzuführenden Untersuchungen von Humboldt und Gay-Lussac völlig übereinstimmen, und daß überhaupt die bisher ausgeführten Absorptionsversuche durchaus nicht den Grad von Genauigkeit besitzen, welcher nothwendig wäre, damit sie als entscheidende Beweise gegen die Dalton'sche Theorie aufgeführt werden könnten. Uebrigens ist Dalton der Ansicht, daß seine Theorie gerade durch die mitgetheilten Versuche Saussure's bestätigt werde, und in der That stimmen die aus denselben für die Kohlensäure berechneten Werthe (98,3; 107,6 und 1,01) so ziemlich mit dem Ergebniß des unmittelbaren Versuchs = 106 überein; und bei den so wenig absorbirbaren Gasen, wie Sauerstoffgas, Wasserstoffgas und Stickstoffgas, ist schwer zu entscheiden, ob nicht der Ueberschuß, der sich ergeben hat, ebenso gut einem Beobachtungsfehler, als der Unrichtigkeit der Theorie zuzuschreiben wäre. — Bei der gleichzeitigen Absorption zweier oder mehrerer Gase durch das Wasser kann man nicht annehmen, daß hierbei eine chemische Verbindung der erstern gebildet werde; wenn z. B. Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, die in dem Verhältnisse gemischt worden sind, wie es zur Wassererzeugung nöthig ist, bei ihrer Verdichtung durch eine Flüssigkeit Wasser zu bilden vermöchten, so müßte ihre Absorption ins Unbestimmte fortgehen. Durch heftiges Schütteln bringt man aber die Verschluckung dieses Gasgemisches durch Wasser in wenig Minuten zu Stande, so daß sie sich durch ein viel längeres Schütteln nicht vermehren läßt; sie betrug nach Saussure nie über 5,24 Procent des Volumens der Flüssigkeit. Dasselbe Verhalten zeigt sich bei den gasförmigen Bestandtheilen des Ammoniaks und der Salpetersäure; selbst die Beimischung eines Alkali oder einer Säure zum Wasser ist nicht vermögend, jene Verbindungen zu bewerkstelligen. Allein wir kennen noch nicht die Wirkungen, welche eine Berührung von mehreren Monaten oder Jahren zwischen diesen Gasen und der Flüssigkeit hervorbringen würde; und ebenso wenig wissen wir von den Wirkungen atmosphärischer Einflüsse an der bloßen freien Luft (Saussure a. a. O.). In Betreff

der Einwirkung einer längeren Berührung der absorbirenden Flüssigkeit mit den Gasen mögen hier noch einige Versuche De Marty's Erwähnung finden, welche Biot *) mittheilt, und aus denen er das Resultat ableitet, daß dieselbe Masse Wasser, welche gleich anfangs nur eine gewisse Menge Sauerstoffgas zu absorbiren vermag, mit der Zeit eine ansehnlichere Menge verschlucken kann. De Marty stellte seine Versuche nach der folgenden Methode an: Er brachte in eine gläserne, mit eingeriebenem und vollkommen schließendem Stöpsel versehene Flasche Regenwasser und Sauerstoffgas, gleichviel in welchem Verhältnisse und ob jenes gekocht war oder nicht. Nachdem er wiederholt den Inhalt der Flasche geschüttelt und nach jedesmaligem Schütteln dieselbe unter Wasser geöffnet hatte, wurde zuletzt das Wasser in der Flasche gesättigt und verschluckte kein Gas weiter. Er verschloß die Flasche und ließ sie 2 oder 3 Tage ruhig stehen, nach welcher Zeit er sie wieder unter Wasser öffnete und ein Hineindringen des Wassers bemerkte; bei der Wiederholung dieser Operation in kürzeren oder längeren Zwischenräumen fand er immer, daß ein neuer Antheil Gas verschluckt worden war, und zwar desto mehr, je länger er die Flasche uneröffnet hatte stehen lassen. Dasselbe fand mit Wasserstoffgas statt; nach 2 Jahren war das Volumen des absorbirten Gases noch nicht dem Volumen des absorbirenden Wassers gleich. Mit Sauerstoffgas geschwängertes Wasser war geeigneter, Wasserstoffgas zu verschlucken, und so umgekehrt (s. unten die Versuche von Humboldt und Gay-Lussac). Es scheint also nach diesen Versuchen, daß das Gas anfangs nur schwach gebunden ist, daß dagegen die fortwährende Einwirkung des Wassers die Elasticität des Gases mehr und mehr vermindert, es, so zu sagen, zusammenzieht und tiefer in die Anziehungssphäre seiner Theilchen hinein bringt, wodurch das Wasser fähig wird, eine neue Quantität dieses Gases zu absorbiren (Biot). Mit Stickstoffgas fanden nach De Marty diese Wirkungen nicht statt; war das Wasser einmal eine Zeit lang mit demselben geschüttelt worden, so verschluckte es davon nichts mehr, so lange er es auch mit diesem Gas in Berührung ließ. Mit Stickstoffgas geschwängertes Wasser verschluckte Wasserstoffgas oder Sauerstoffgas, womit man es in Berührung brachte, ohne das Stickgas, welches es enthielt, fahren zu lassen. Zwar entwich im Anfange der Absorption des andern Gases ein wenig Stickstoffgas; schüttelte man aber das Wasser und die Gasarten, so trat alles Stickstoffgas, das sich zuvor in dem Wasser befand, wieder in dasselbe zurück, und nahm dort seinen alten Platz ein, unabhängig von dem Wasserstoffgas oder dem Sauerstoffgas, welches das Wasser überdies verschluckt hatte. Dieses fand De Marty durch so viele Versuche bestätigt, daß sich, seiner Meinung nach, auf die bloße verschluckende Eigenschaft des Wassers eine genaue Zerlegung der atmosphärischen Luft gründen ließe, er glaubte nämlich, daß dazu weiter nichts nöthig sei, als daß man das Wasser zuvor mit Stickstoffgas schwängere; es verschluckte dann genau 0,21 des Volumens atmosphärischer Luft, welche man mit demselben in Berührung bringt; und dasselbe soll auch dann der Fall sein (nur daß eine längere Zeit dazu erforderlich ist), wenn man Wasser anwendet, welches, statt mit reinem Stickstoffgas, mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft geschwängert ist. Mit den so eben mitgetheilten Beobachtungen sind jedoch die Resultate, zu denen Berger **) und namentlich Hum-

*) Ann. de Chimie, Mars 1807, p. 271 (s. a. Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 417 ff.).
**) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 168 ff.

boldt und Gay-Lussac *) gelangten, nicht recht in Einklang zu bringen. Die letzteren Naturforscher setzten mit einem gleichen Volumen schon mit Luft versehenen Seinewassers 100 Theile Sauerstoffgas in Berührung; nach 6 bis 8 Tagen waren 40 Theile absorbirt, und die 60 Theile des Rückstandes enthielten nur 23 Th. Sauerstoffgas, dagegen 37 Th. Stickstoffgas. Von den anfänglichen 100 Theilen Sauerstoffgas hatten sich folglich über dem Seinewasser 77 Theile verloren und dafür waren 37 Theile Stickstoffgas aus dem Wasser ausgetrieben worden. Auf Wasserstoffgas schien das Wasser wenig oder gar nicht zu wirken. Reines Stickstoffgas verlor über dem Wasser 0,02 bis 0,03 seines Volumens und der Rückstand enthielt 11 Theile Sauerstoffgas; diese waren also durch 14 Theile Stickstoffgas aus dem Wasser getrieben worden. Folglich setzt Stickstoffgas das Sauerstoffgas aus seiner Verbindung mit dem Wasser, sowie umgekehrt Sauerstoffgas das Stickstoffgas. Die Wirkung ist ähnlich, aber die Mengen des Absorbirten und des Ausgetriebenen sind verschieden. Diese Versuche geben die Absorption des Sauerstoffgases in Bezug auf die des Stickgases bedeutend größer an, als Saussure gefunden hatte. Auch die Wirkung des Wassers auf ein Gemisch von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas wurde von Humboldt und Gay-Lussac untersucht. Das Gasvolumen verminderte sich am stärksten, wenn das Sauerstoffgas vorherrschte, wenn z. B. 200 Theile Sauerstoffgas mit 100 Th. Wasserstoffgas gemischt worden waren. Auch hierbei wurde jedesmal Stickstoffgas aus dem Wasser ausgetrieben; in 100 Th. des Rückstandes eines Gemisches aus gleichen Theilen beider Gasarten fanden sich 20 Th. Stickstoffgas, 50 Th. Wasserstoffgas und 30 Th. Sauerstoffgas. Je mehr Sauerstoffgas verschluckt war, desto mehr fand sich stets an Stickstoffgas vor. Ein Volumen aus 400 Th. Sauerstoffgas und 200 Th. Wasserstoffgas verminderte sich über Seinewasser in 10 Tagen bis auf 562 Th., und statt noch 375 Th. vom erstern und 187 Th. vom letztern Gase zu enthalten, enthielt es 246 Th. Stickstoffgas, 142 Th. Wasserstoffgas und nur 174 Th. Sauerstoffgas. Humboldt und Gay-Lussac fügen diesen Beobachtungen noch die folgenden Bemerkungen bei: Auf ein Gemisch von Sauerstoffgas und Stickstoffgas wirkt das Wasser im Ganzen weniger, als auf Mischungen von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas; ein Umstand, der minder überrascht, wenn man einen Blick auf das Ganze dieser Phänomene wirft. Sie zeigen im Wasser ein beständiges Bestreben, sich mit den Gasarten, mit denen es in Berührung ist, ins Gleichgewicht zu segen. Bringt man Sauerstoffgas darüber, so läßt es Stickstoffgas fahren; setzt man es mit Stickstoffgas in Berührung, so giebt es Sauerstoffgas her. Von einer Mischung aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas verschluckt es einen Theil und entbindet dafür Stickstoffgas. Immer strebt es, das Mischungsverhältniß der Luft, welche es schon aufgelöst enthält, nach der Natur des Gases abzuändern, mit welchem es in Berührung kommt. Da nun das Wasser der Seine schon mit einer Mischung aus Sauerstoffgas und Stickstoffgas geschwängert ist, so ist es sehr natürlich, daß es auf eine Mischung aus Wasserstoffgas und Sauerstoffgas eine stärkere Wirkung äußert, als auf ein Gemisch aus Stickstoffgas und Sauerstoffgas.

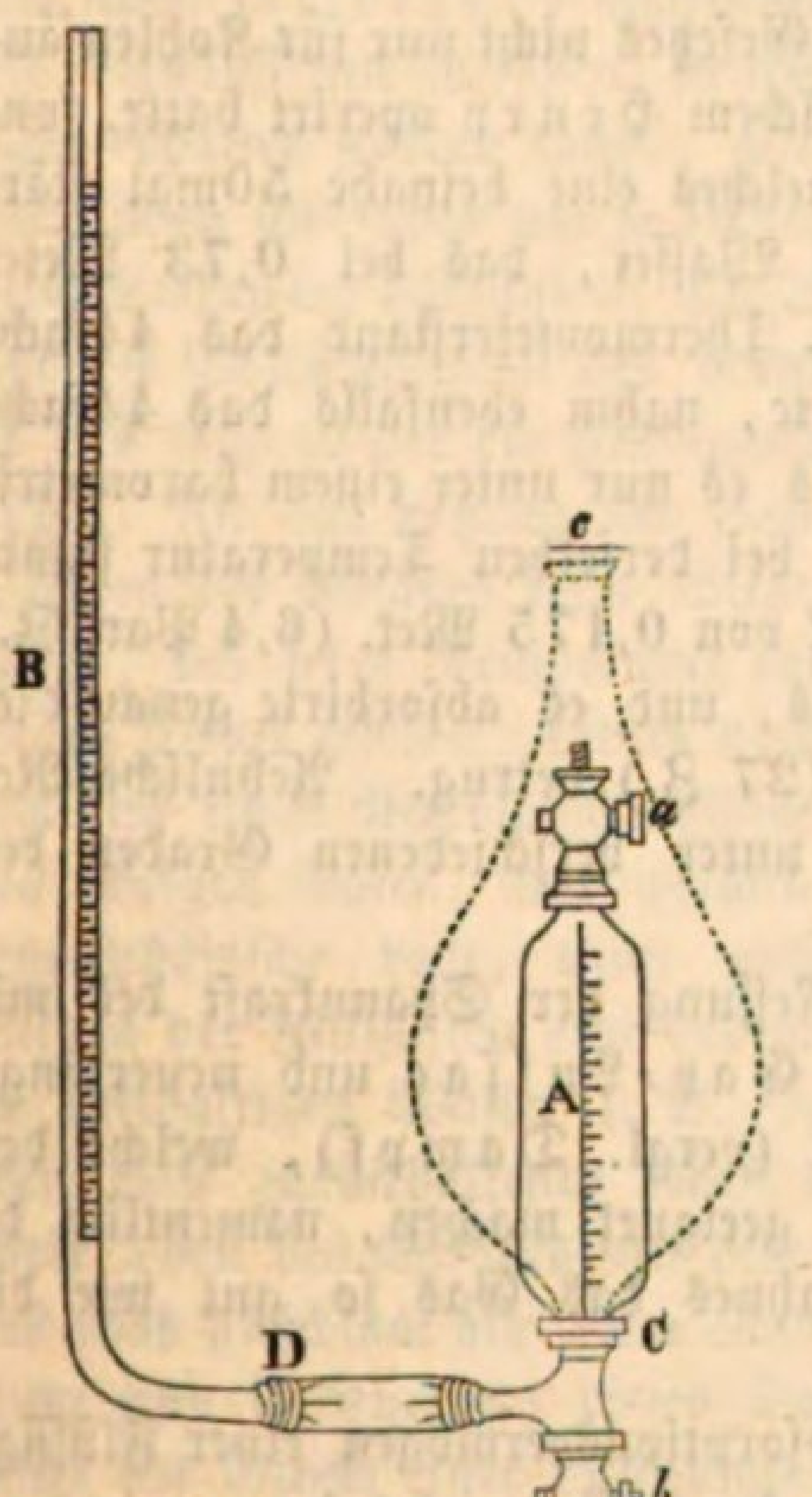
Von atmosphärischer Luft werden nach Saussure 5 Proc. des Volumens des Wassers von diesem verschluckt, und zwar sind in dem absorbirten Gemenge bei

---

*) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 139 ff.

dem destillirten, Regen= und fließenden Wasser stets ungefähr 31 Proc. Sauerstoff vorhanden, wie dies schon aus den von Humboldt und Gay=Lussac ausgeführten Versuchen sich ergab, ein Verhältniß, das durch alle späteren Analysen Bestätigung fand und nach den neueren Untersuchungen von Morren *) und Levy **) nur bei stehenden Gewässern und im Meerwasser zuweilen beträchtlichen Abänderungen unterliegt, die durch die Anwesenheit einer eigenthümlichen organischen, vegetabilischen oder thierischen Materie, welche je nach den Umständen eine Entwicklung oder Absorption des Sauerstoffgases bewirkt, bedingt zu sein scheint.

2) Einfluß des äußeren Luftdruckes und der Temperatur. Henry bediente sich bei seinen Versuchen über den Einfluß des Druckes auf die Absorption der Gase durch das Wasser des bereits beschriebenen Apparates, der nur mit einer viel längeren Röhre B versehen war, um mittelst des Quecksilbers in derselben das Gas und das Wasser, von bekannter Temperatur, im Glase A unter beliebigen Druck versetzen zu können. Nachdem zuerst das Gas auf die oben beschriebene Art hineingelassen und durch Oeffnen des Hahnes b das Quecksilber in beiden Schenkeln ins Niveau gebracht worden war, goß er so viel Quecksilber in B nach, bis es hier 28 oder zweimal 28 Zoll höher stand, als in A (wodurch ein zwei- oder dreifacher Atmosphärendruck ausgeübt wurde), schüttelte dann stark, während er in B so viel Quecksilber nachgoß, als nöthig war, um dasselbe auf seinem Stande zu erhalten, und bestimmte nach der Scala A, noch genauer aber aus der Menge des nachgegossenen Quecksilbers, die Größe der Absorption. Das Wasser, welches auf diese Art unter dem dreifachen Luftdrucke mit einem Gas geschwängert war, brauste heftig auf, wenn man den Hahn b öffnete und das Quecksilber in beiden Schenkeln sich ins Niveau setzen ließ; doch dauerte es einige Zeit, bevor das durch größeren Druck hineingezwängte Gas daraus wieder völlig entwich. Um bei den minder condensirbaren Gasarten eine Zunahme der Absorption mit vermehrtem Drucke wahrzunehmen, war ein weiteres, in der Figur durch die punktirten Linien angedeutetes Gefäß nöthig, das wenigstens 50 Cubikzoll Inhalt hatte; es war bei C mit einem Hahne und einer Schraube versehen. Mit Hülfe dieser Apparate stellte Henry mehr als 50 Versuche an, mit Kohlensäuregas, mit Schwefelwasserstoffgas, Stickstoffoxydulgas, Sauerstoffgas und Stickstoffgas. Aus den Resultaten dieser Versuche ergab sich das allgemeine Gesetz: Bei einerlei Temperatur nimmt Wasser unter jedem Drucke dasselbe Volumen an Gas auf, als unter dem gewöhnlichen Luftdrucke; oder da die Dichtigkeit des Gases immer dem Drucke proportional ist: ein Gasvolu-



*) Ann. de Ch. et de Phys. Nouv. Sér. XII. 5.
**) Journ. f. prakt. Chemie XXX. 207.

men, das unter dem gewöhnlichen Luftdrucke im Verhältniß der zusammendrückenden Kraft steht. Das Wasser absorbirt z. B. bei 18° C. unter gewöhnlichem Luftdrucke 106 Cubikcentimeter Kohlensäuregas, welche bei einem Barometerstande von 0,76 Meter 196,6 Gramme wiegen. Wird nun das Gas mit dem Wasser in dem Compressionsgefäße zusammengedrückt, bis die Quecksilbersäule gleich 1,52 oder 2,28 Meter wird, so wird, wenn die Temperatur sich gleich geblieben ist, dem Volumen nach nicht mehr Kohlensäuregas von dem Wasser aufgenommen sein, aber die 106 Cubikcentimeter Kohlensäuregas wiegen jetzt 393,2 oder 589,8 Gramm, also doppelt oder dreimal so viel, als vorher.

Saussure stellte ähnliche Versuche an, bei welchen er sich nur einer einfachen Barometerröhre von 2 Centimeter (8,8 Par. Linien) innerem Durchmesser bediente; er fand die Richtigkeit des Henry'schen Gesetzes nicht nur für Kohlensäuregas, das am stärksten verschluckbare Gas, mit welchem Henry operirt hatte, sondern auch für das schwefligsaure Gas bestätigt, welches eine beinahe 50mal stärkere Absorption als jenes erleidet. Ein Maß Wasser, das bei 0,73 Meter (26,967 Par. Zoll) Barometerhöhe und 18° C. Thermometerstand das 44fache seines Volumens an schwefligsaurem Gas absorbirte, nahm ebenfalls das 44fache seines Volumens von diesem Gas in sich auf, als es nur unter einem barometrischen Druck von 0,364 Meter (13,447 Par. Z.) bei derselben Temperatur stand. Ebenso verschluckte Lavendelöl bei einem Luftdruck von 0,175 Met. (6,4 Par. Z.) das 1,9fache seines Volumens von Kohlensäuregas, und es absorbirte genau dieselbe Menge, als der Barometerdruck 0,73 Met. (27 Z.) betrug. Aehnliche Resultate gab auch Olivenöl mit Kohlensäuregas unter verschiedenen Graden des Luftdrucks.

Der Henry'sche Apparat hat später zur Messung der Spannkraft des mit Luft gemengten Dampfs von Flüssigkeiten durch Gay-Lussac und neuerdings durch Magnus einige Abänderungen erlitten (vergl. Dampf), welche den Apparat auch noch mehr zu Absorptionsversuchen geeignet machen, namentlich da man mittelst des von Magnus angebrachten Hahnes das Gas so gut wie die Flüssigkeit von unten eintreten lassen kann.

Die Temperatur verhält sich zu dem Absorptionsvermögen einer Flüssigkeit ganz ähnlich wie der Druck, so daß nämlich das Gewicht der minder verschluckbaren Gasarten, in Bezug auf eine bestimmte Quantität der absorbirenden Flüssigkeit und bei gleichem Luftdrucke, mit dem Steigen oder Fallen der Temperatur ab- oder zunimmt, während zugleich die Dichtigkeit der Gase vermindert oder vergrößert wird, und also das Volumen des von einer bestimmten Quantität der Flüssigkeit unter constantem Drucke aufgenommenen Gases bei jeder Temperatur sich gleich bleibt. Genaue Versuche zur nähern Prüfung dieses Satzes sind bisher nicht angestellt worden. Henry's hierher gehörige Versuche sind bereits oben (S. 23) mitgetheilt; sie scheinen jedoch nicht mit der nöthigen Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt worden zu sein. Er fand, daß die Absorption des kohlensauren Gases mit Zunahme der Temperatur in weit größerem Maße sich verminderе, als der angeführte Satz gestattet. Bei 12°,78 C. nämlich absorbirten 100 Maß Wasser 108 Maß Gas, bei 29°,44 C. 84 und bei 43°,33 C. nur 60 Maß, wenn

ungefähr 200 Maß Gas angewendet wurden, und sogar nur 45 Maß, wenn man 100 Maß Gas mit 100 Maß Wasser in Berührung brachte. Diese ungleiche Absorption, je nachdem die Menge des mit dem Wasser in Berührung gesetzten Gases größer oder kleiner ist, beweist, wie auch Henry selbst angiebt, daß sein Gas oder Wasser lufthaltig war, weil nach Dalton bei einem einzelnen unvermischten Gase die Menge des Rückstandes von keinem Einfluß auf die Absorption ist, wenn nur der Druck sich gleich bleibt. Henry zieht aus der Vergleichung der Versuche 1 und 2 (s. S. 23) den Schluß, daß für $4^{0},44$ C. (10^{0} F.) Wärme mehr, $^{1}/_{11}$ des bei $12^{0},78$ C. absorbirbaren Gasvolumens weniger verschluckt wird. Jedoch zeigt sich diese Größe selbst für die von Henry mitgetheilten Resultate seiner Versuche nicht constant genug, um hieraus eine allgemeine Regel ableiten zu können, wie schon Gilbert *) angedeutet hat. Das angeführte Gesetz gilt natürlich nur bei verschlossenen Gefäßen, in welchen der Druck auf den Rückstand des Gases constant erhalten werden kann. Oeffnet man das Gefäß, so wird das Gas allmälig entweichen und zwar um so schneller, je höher die Temperatur steigt, am schnellsten beim Sieden der Flüssigkeit. Die Schnelligkeit, mit welcher das Gas ausgetrieben wird, und die Vollständigkeit des Entweichens desselben wird wesentlich dadurch bedingt, ob das Gas in der die Flüssigkeit umgebenden Atmosphäre schon enthalten ist oder nicht. Ist das Letztere der Fall, so wird das Gas aus der Flüssigkeit nach dem Oeffnen des Gefäßes beim Siedepunkt oder nach Dalton überhaupt, nur langsamer, bei jeder Temperatur entweichen, weil es eben in dem offenen Gefäße gar keinen Druck erleidet, indem nach Dalton's Ansicht bekanntlich jedes Gas gleichsam eine eigne Atmosphäre bildet, für sich frei gravitirt und unabhängig ist von den übrigen Gasen, mit welchen es gemengt ist. Ist dagegen das absorbirte Gas atmosphärische Luft, dann müßte Dalton's Theorie zufolge auch noch beim Sieden der Flüssigkeit eine bedeutende Quantität des Gases zurückgehalten werden, im lufthaltigen Wasser z. B. $^{3}/_{11}$ der bei 0^{0} C. absorbirten Menge, wenn nicht eben diese zurückhaltende Kraft der Flüssigkeit dadurch vermindert würde, daß der obere Theil des Gefäßes mit dem Dampfe der Flüssigkeit angefüllt ist, welcher für das Gas gleichsam als leerer Raum wirkt, und daß durch die beständige Fortführung und Erneuerung dieses Dampfes allmälig das aufgelöste Gas, ähnlich wie unter der Glocke einer Luftpumpe, entfernt wird. Auf die Schwierigkeit, mit welcher das Wasser die letzten Spuren von atmosphärischer Luft fahren läßt, haben wir schon oben aufmerksam gemacht. Auch die Zusammensetzung derselben, je nachdem sie zuerst oder zuletzt aus dem Wasser ausgetrieben wurde, ist verschieden, indem der Sauerstoff mit größerer Kraft zurückgehalten wird, als der Stickstoff, und deswegen die zuletzt ausgetriebene Luft sauerstoffreicher ist, als die zuerst sich entwickelnde. Während nämlich in der vom Wasser aufgelösten Luft durch die Versuche von Humboldt und Gay-Lussac im Ganzen 31 bis 32 Proc. Sauerstoff nachgewiesen wurden, fanden dieselben Physiker die in verschiedenen Abschnitten des Erhitzens des Wassers aus der Seine aufgefangenen Portionen: in der ersten 23,7, in der zweiten 27,4, in der dritten 30,2 und in der vierten 32,5 Proc. Sauerstoff. Bei dem Schneewasser fanden sie in der ersten Portion 24,0 und in der letzten 34,8 Theile Sauerstoffgas; ebenso enthielt die während der Auflösung von Kochsalz in Wasser sich entwickelnde Luft nur 22,5 Proc.,

*) Ann. Bd. XX. S. 156 f. Anm.

während die durch Kochen aus dem Salzwasser ausgetriebene 30,5 Proc. Sauerstoff zeigte.

Es nimmt also die Absorptionsfähigkeit einer Flüssigkeit gegen die Gase im Allgemeinen zu mit dem Sinken der Temperatur, bis die Flüssigkeit ihren Gefrierpunkt erreicht, bei welchem, bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand, stets ein Theil des absorbirten Gases ausgestoßen wird, indem die Verschluckbarkeit des Gases in diesem Momente eine plötzliche Aenderung zu erleiden scheint, wie dies namentlich bei dem Wasser hinsichtlich der wenig verschluckbaren Gase näher untersucht worden ist. Geschmolzenes Eis giebt nach den Beobachtungen Humboldt's und Gay-Lussac's nur halb so viel Luft her, als gewöhnliches Wasser, und diese Luft läßt es nicht eher fahren, als bis die Temperatur auf wenigstens 60° erhöht worden ist; die erste Portion der so entbundenen Luft enthielt 27,5, die letzte 33,5 Proc. Sauerstoffgas. Dieselben Naturforscher bemerkten ferner, daß Wasser, indem es sich zu Schnee condensirt, weniger Luft austreibt, als wenn es zu Eis wird; das geschmolzene Schneewasser gab ihnen nämlich die doppelte Menge Luft, als das geschmolzene Eis, und beinahe ebenso viel als das Wasser der Seine; die Luft des Schneewassers enthielt in 5 nach einander aufgefangenen Portionen 24,0; 26,8; 29,6; 32,0 und 34,8 Proc. Sauerstoffgas, im ganzen Volumen 28,7, während das Seinewasser an demselben Tage nur Luft von der Reinheit 28,3 lieferte. Humboldt und Gay-Lussac halten es indeß für möglich, daß der Schnee zwischen seinen kleinen Krystallen eine gewisse Menge von Luft zurückbehalte, die er beim Schmelzen wiederum absorbirt, indem es scheint, daß das Wasser gerade im Augenblicke seines Gefrierens den größten Theil seiner Luft fahren läßt, eine Ansicht, der auch Carradori beistimmt, welcher behauptet *), daß beim Gefrieren des Wassers zu Eis oder Schnee die Luft vollständig entweiche und daß alle Luft, welche man nach dem Schmelzen desselben erhält, sich in den Zwischenräumen der Krystalle befunden habe, welches er durch den folgenden Versuch wahrscheinlich zu machen suchte. Er füllte etwas Schnee in eine Flasche und, sowie dieser schmolz, immer mehr nach, bis die Flasche mit Schnee, der größtentheils geschmolzen war, ganz angefüllt war, goß dann sogleich einige Zoll hoch Oel über das Wasser und ließ das Ganze zur Temperatur des Zimmers kommen; darauf hob er das Oel ab, brachte einen Fisch hinein und goß wieder Oel über das Wasser; der Fisch hatte kaum das Wasser berührt, als er Zuckungen bekam und in wenig Augenblicken verschied. Dasselbe Verhalten bemerkte er auch, wenn er Eis oder Hagel statt des Schnees anwendete. „Man sieht hieraus offenbar," sagt Carradori, „daß beim Frieren des Wassers alles Sauerstoffgas, welches das Wasser enthielt, entweicht; denn die Fische sterben in dem zergangenen Schnee, Eis und Hagel bloß deshalb, weil sie darin nicht das zum Athmen nöthige Sauerstoffgas finden." — Auch die vom Wasser absorbirte Kohlensäure wird, nach einer Beobachtung von Brownrigge, beim Gefrieren desselben fast vollständig wieder ausgetrieben. Zu den Thatsachen, welche für das vollständige oder theilweise Entweichen der von einer Flüssigkeit absorbirten Gase bei dem Uebergange derselben in den starren Zustand zu sprechen scheinen, gehört auch das zuerst von Samuel Lucas beobachtete und später von Gay-Lussac bestätigte sogenannte Spritzen oder Spratzen des Silbers bei seinem plötz-

*) Gilb. Ann. Bd. XXVIII. S. 414.

lichen Erstarren, indem dieses in seinem flüssigen Zustande die Eigenschaft hat, Sauerstoffgas zu absorbiren, welches unter geeigneten Umständen beim Erstarren der Masse plötzlich wieder entweicht.

In dem Vorhergehenden haben wir hauptsächlich nur die Erscheinungen näher betrachtet, welche die Gase darbieten, die von Flüssigkeiten nur in geringem Grade, höchstens zu wenigen Volumen, verglichen mit dem Volumen der Flüssigkeit, absorbirt werden; und die von Henry, Dalton ɪc. aufgestellten Gesetze beziehen sich auch nur auf diese Gase, indem diejenigen, welche in viel größerem Maße von Wasser und namentlich Alkohol aufgenommen werden, Abweichungen von jenen allgemeinen Regeln zeigen, welche nur in einer chemischen Verwandtschaftsthätigkeit zwischen den absorbirenden und absorbirten Stoffen ihre Erklärung zu finden scheinen. Hierher gehören namentlich das Ammoniakgas, das Chlorwasserstoffgas, das schwefligsaure Gas, das Chlorgas ɪc. Freilich hat Saussure auch für das schwefligsaure Gas, welches fast in 50mal größerer Menge vom Wasser absorbirt wird, als das Kohlensäuregas, das von Henry aufgestellte Gesetz (s. oben) bestätigt gefunden; und im Allgemeinen richtet sich auch bei den stark absorbirbaren Gasen die Verschluckbarkeit nach der Temperatur und dem Luftdrucke, bei welchem dieselbe untersucht wird; ebenso entbindet sich zuweilen auch beim Gefrieren des Wassers ein Theil dieser in demselben aufgelösten Gase; diese Erscheinungen sind jedoch, wie gesagt, nicht an jene oben angeführte Regelmäßigkeit gebunden, wie man sie hinsichtlich der im geringeren Grade verschluckbaren Gase bemerkt hat. Das Gefrieren z. B. des mit schwefligsaurem Gase gesättigten Wassers tritt einige Grad unter 0 ein; die wässerige Lösung des Chlorwasserstoffgases erstarrt bei dem Gefrierpunkte des Quecksilbers, die des Ammoniakgases bei — 40° C.; in allen diesen Fällen scheint bei dem Uebergange in den festen Zustand kein Gas zu entweichen, und vielleicht mag hiervon die Bildung einer chemischen Verbindung die Ursache sein, indem namentlich bei dem Ammoniakwasser der Gefrierpunkt demjenigen, bei welchem das Gas flüssig wird, nahe liegt; auch hat Faraday bekanntlich bemerkt, daß das Chlorwasser, welches etwas unter 0° gefriert, hierbei in chlorfreies Wasser und Chlorhydrat zerfällt. Das Wasser hat im gefrornen Zustande für diese Gase ferner keineswegs seine Absorptionskraft verloren, sondern scheint dieselben fast ebenso stark zu verschlucken, als im flüssigen Zustande; es wird hierbei so viel Wärme frei, daß das Eis sogleich schmilzt. — Im Allgemeinen nimmt das Wasser von den stark verschluckbaren Gasen um so mehr auf, je niedriger die Temperatur ist, bei welcher der Versuch vorgenommen wird, und hiermit in Verbindung stehend liegt der Siedepunkt der Flüssigkeit um so niedriger, je größer der Gasgehalt derselben ist. Nur die wässerige Lösung des Chlorwasserstoffgases zeigt hiervon eine bemerkenswerthe Ausnahme, indem diese Flüssigkeit bei einem Gehalt an Gas von 19 Gewichtsprocenten den höchsten Siedepunkt, nämlich 110° C. hat, und zwar ist dieser Siedepunkt bei diesem Gehalte constant; die Flüssigkeit verdampft dann als ein Ganzes, als eine wirkliche chemische Verbindung; bei größerem oder geringerem Gasgehalt liegt der Siedepunkt stets unter 110°, er steigt aber während des Siedens wieder zu jener Höhe hinauf, bei welcher er dann stehen bleibt (Dalton, Mitscherlich). Man sieht aus dieser Thatsache, daß die Kraft, welche das Gas in der Flüssigkeit zurückhält, nicht allein die des auf dieselbe einwirkenden Luftdrucks sein kann; jener constante Siedepunkt, ebenso wie die bei der Absorption des Gases beobachtete Wärmeentwicklung könnte

die Ansicht rechtfertigen, welche hier die Bildung einer wirklichen chemischen Verbindung annähme, wenn nicht das Gewichtsverhältniß des Gases zum Wasser, indem hiernach 1 Atom Gas mit 17,25 Atomen Wasser sich vereinigte, offenbar für die Unwahrscheinlichkeit jener Ansicht zeugte. Die vielbesprochene Streitfrage, die zuerst zwischen Dalton und Berthollet der Gegenstand einer lebhaften und geistreichen Erörterung wurde, ob nämlich die Absorption der Gase durch Flüssigkeiten im Allgemeinen die Folge einer rein mechanischen Anziehung oder als Wirkung einer chemischen Verwandtschaft zu betrachten sei, können wir hier, abgesehen von dem geringen Erfolge, den eine solche Untersuchung bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft haben möchte, um so mehr mit Stillschweigen übergehen, da das vorliegende Werk eine vollständige und klare Uebersicht der sorgfältig ausgeführten Versuche und Beobachtungen zu geben, nicht aber eine fruchtlose Kritik theoretischer Ansichten, über welche sich gegenwärtig noch kein entscheidendes Urtheil fällen läßt, zu liefern bestimmt ist.

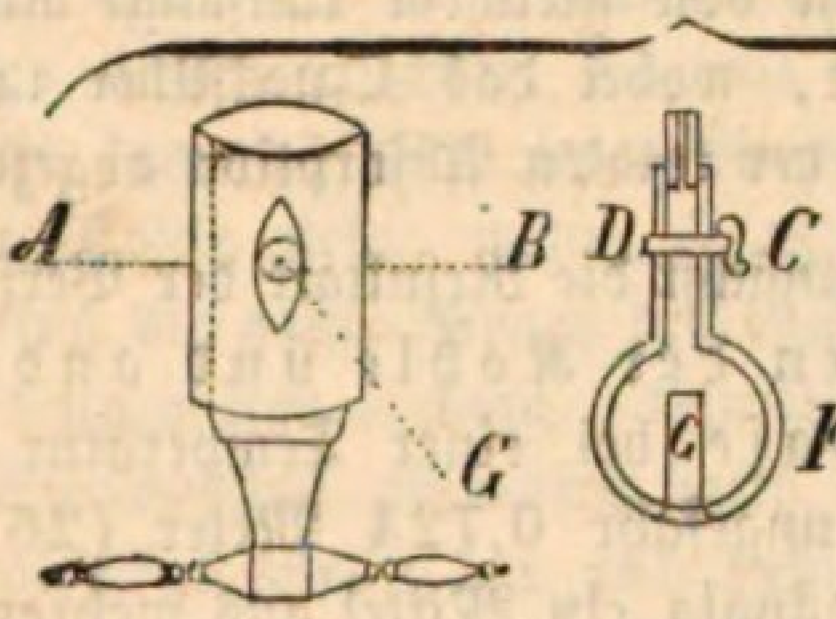
II. Absorption der Gase durch starre Körper.

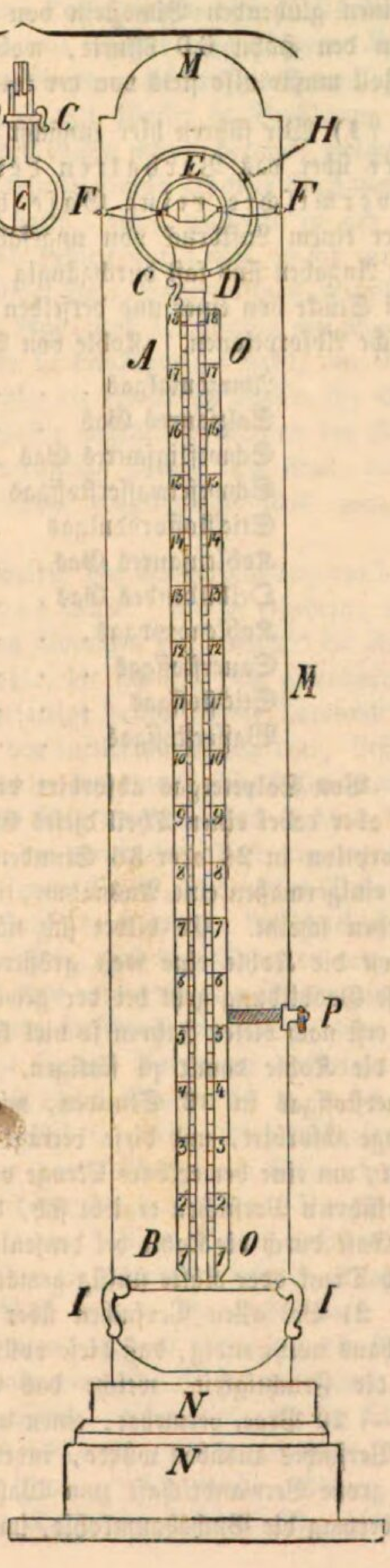
Alle festen porösen Körper besitzen das Vermögen, gasförmige Körper zu absorbiren und in sich zu condensiren, in einem größeren oder geringeren Grade. Am auffallendsten tritt diese Eigenschaft bei der Kohle hervor. Dieselbe wurde gegen das Jahr 1777 von Fontana und, wie es scheint, gleichzeitig und unabhängig von ihm von Scheele entdeckt. Spätere mehr oder weniger ausführliche und genaue Untersuchungen über dieses Verhalten der Kohle gegen gasförmige Körper rühren von Priestley, Morveau, Morozzo *), Delametherie **), Rouppe und van Noorden ***), Parrot, van Mons, Brugnatelli, Vogel und vor Allen von Th. de Saussure †) her.

Fontana, Vogel, Saussure u. A. stellten ihre Versuche mit einer Kohle an, welche sie glühend unter Quecksilber tauchten und nach dem Erkalten in das zu absorbirende Gas brachten, ohne sie mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommen zu lassen. Saussure bediente sich namentlich der Kohle von Buchsbaumholz, deren Verdichtungsvermögen vorzüglich stark ist und die bei diesem Ablöschen auch nur so wenig Quecksilber in sich aufnimmt, daß sie immer leicht genug bleibt, um auf Wasser zu schwimmen. Ferner wandte Saussure noch eine andere Methode an, besonders bei seinen Versuchen über den Einfluß des Luftdruckes auf die Gasverdichtung durch die Kohle, und erhielt mit Hülfe derselben beinahe die nämlichen Resultate, wie durch das Glühen der Kohle. Er brachte nämlich die Buchsbaumkohle, welche mehrere Tage an der freien Luft gelegen hatte, unter einen Recipienten, der mittelst Talg auf dem Teller der Luftpumpe anschloß, pumpte aus, brachte dann den Recipienten nebst dem Teller, dessen Hahn verschlossen war, unter Quecksilber, öffnete den Hahn und schob endlich die Kohlen in das mit einem Gase gefüllte, über Quecksilber befindliche Gefäß. Auch kann man nach ihm die Glocke mit der Kohle in eine mit Quecksilber gefüllte Schale setzen und das Ganze unter einen gewöhnlichen Recipienten der Luftpumpe bringen. Nachdem man die Luft aus dem großen Recipienten und mithin auch

*) Journ. de Phys. T. XXIII. p. 368 u. T. LVIII. p. 380.
**) Journ. de Phys. T. XXX.
***) Journ. de Phys. T. LVIII. u. Ann. de Chim. T. XXXIV.
†) Gilb. Ann. Bd. XLVII. S. 113—162.

aus dem kleinen ausgepumpt hat, wird wieder die äußere Luft hineingelassen, welche das Quecksilber aus der Schale in den kleinen Recipienten hinauftreibt, welcher dann mit der Schale und der luftleeren Kohle unter das Quecksilber der pneumatischen Wanne gebracht werden kann. Auf diese Weise erhält man aber kein so vollkommenes Vacuum, wie mit dem ersten Verfahren, wegen des Druckes, den das in der Schale befindliche Quecksilber ausübt.





Morozzo und in ähnlicher Weise Rouppe und van Noorden bedienten sich des nebenstehenden Apparates:

Die Glasröhre AB, 3,5 Linien weit und 18 Z. hoch, ist unten offen und mit Wasser oder Quecksilber sperrbar, das sich in dem Napfe II befindet, oben an einen stählernen Hahn CD gekittet, den man mittelst des Schlüssels C öffnen und schließen kann. An den Hahn CD ist ein größerer E angelöthet, von 1,5 Z. Durchmesser und fast 3 Z. Länge; mittelst der Kurbel FF wird der Schlüssel des Hahnes umgedreht. Dieser Schlüssel hat ein Loch G, 1 Z. 3 L. tief und 6 L. weit, welches zur Aufnahme der Kohle dient. Der Hahn E ist in eine Fassung von Holz eingeschlossen und bleibt mittelst der Schraubenmutter H, die hinter der Fassung auf das Ende des Hahns E geschroben wird, befestigt. Die Fassung MMM hält das Instrument lothrecht; NN sind Untersätze, um die Schale II höher heben zu können; OO ist eine Scale auf Holz, in Zolle und Linien getheilt, durch die Schraube ohne Ende P beweglich gemacht, so daß sie auf das Niveau des Quecksilbers in der Schale gestellt werden kann. Beim Gebrauche füllt man die Röhre AB, bei geschlossenem Hahne CD, mit Wasser oder besser mit Quecksilber, dann mit dem zu untersuchenden Gase ganz voll, bringt sie dann in die Schale II und zieht mittelst einer Spritze so viel Gas aus der Röhre, daß das Niveau inner- und außerhalb der Röhre gleich ist. Dann macht man eine 36 Gr. schwere Kohle glühend, bringt sie dann in die Höhlung G des Schlüssels vom Hahn E, dreht diesen um, öffnet hierauf den Hahn CD und beobachtet, wie hoch das Quecksilber in der Röhre steigt.

Da ein Theil des zuerst eintretenden Gases bloß dazu dient, den leeren Raum auszufüllen, der in der Höhlung G durch die heiße Kohle entstanden ist, so suchte Morozzo die Menge dieses Gases zu bestimmen, indem er in die Höhlung G einen glühenden Bimsstein von gleichem Umfange mit der Kohle brachte und dann den Hahn CD öffnete, wobei das Quecksilber um 1 Zoll stieg. Dieser 1 Zoll mußte also stets von der totalen Absorption abgezogen werden.

1) Wir führen hier zunächst die Resultate der Versuche an, welche Saussure über das Verhalten der Kohle und anderer Körper gegen unvermischte reine Gase bei einer Temperatur von 11 — 13° C. und unter einem Luftdruck von ungefähr 0,724 Meter (26 Z. 8,95 Lin.) anstellte. Die Angaben sind fast durchgängig ein Mittel aus mehreren Beobachtungen, denn zwei Stücke von einer und derselben Kohle zeigen, auch im nämlichen Gas, selten gleiche Absorptionen. Kohle von Buchsbaumholz absorbirt:

Ammoniakgas	90	Volumina
Salzsaures Gas	85	„
Schwefligsaures Gas	65	„
Schwefelwasserstoffgas	55	„
Stickstoffoxydulgas	40	„
Kohlensaures Gas	35	„
Oelbildendes Gas	35	„
Kohlenoxydgas	9,42	„
Sauerstoffgas	9,25	„
Stickstoffgas	7,5	„
Wasserstoffgas	1,75	„

Von Salpetergas absorbirt die Buchsbaumkohle 38mal ihr Volumen, zersetzt aber dabei einen Theil dieses Gases. Bei allen angeführten Gasen war die Absorption in 24 oder 36 Stunden beendigt; nur das Sauerstoffgas macht hiervon einigermaßen eine Ausnahme, indem die Absorption mehrere Jahre lang fortzugehen scheint. Es bildet sich nämlich hier allmälig etwas kohlensaures Gas, wovon die Kohle eine weit größere Menge als von dem Sauerstoffgas absorbirt. Diese Gasbildung geht bei der gewöhnlichen Lufttemperatur so langsam vor sich, daß erst nach vielen Jahren so viel kohlensaures Gas erzeugt wird, als nöthig ist, um die Kohle damit zu sättigen. Höchst wahrscheinlich wird also auch von dem Sauerstoffgas in 36 Stunden, wie von den andern Gasen, die größtmögliche Menge absorbirt, und diese beträgt genau 9,25 Maß, indem jene Zeit nicht hinreicht, um eine bemerkbare Menge von kohlensaurem Gas zu erzeugen. Aus den angeführten Versuchen ergiebt sich, daß im Allgemeinen der Grad der Absorption der Gase durch die Kohle bei denjenigen Gasen am größten ist, welche am leichtesten durch Druck oder Kälte flüssig gemacht werden können (s. Gase).

2) Bei allen Versuchen über das Absorptionsvermögen der Kohle ist es durchaus nothwendig, daß diese vollkommen rein und trocken sei, weil namentlich die Feuchtigkeit, welche das Gewicht der Kohle in der freien Luft oft um 10 — 20 Proc. vermehrt, einen wesentlich störenden Einfluß auf das Resultat des Versuches ausüben würde, indem sie die Absorption aller Gase, die nicht eine sehr große Verwandtschaft zum Wasser haben, in bedeutendem Grade vermindert. So vermag die Buchsbaumkohle, im Quecksilber abgelöscht und erkältet, wenn sie

unter dem Quecksilber mit Wasser völlig geschwängert worden, nur noch ihr 15faches Volumen von kohlensaurem Gas zu verschlucken, während sie vor dem Befeuchten das 35fache verschluckte. Auch braucht die befeuchtete Kohle eine weit längere Zeit zur völligen Absorption der Gase, als die trockene Kohle, indem diese in 24 Stunden 35 Maß kohlensaures Gas verdichtet, die mit Wasser geschwängerte Kohle dagegen 14 Tage gebraucht, um 15 Maß jenes Gases in sich aufzunehmen. Die trockene mit Gas gesättigte Kohle giebt, wenn sie mit Wasser in Berührung gebracht wird, in 48 Stunden die ganze Menge des Gases wieder heraus, welche sie im nassen Zustande nicht festzuhalten vermag. Ein Volumen trockner Buchsbaumkohle, das $7^1/_2$ Vol. Stickstoffgas absorbirt hatte, gab, während es sich mit Wasser durchzog, $6^1/_2$ Vol. Gas wieder her und behielt nur 1 Vol. in sich zurück. Aus 1 Volumen trockner Buchenkohle, die $9^1/_4$ Vol. Sauerstoffgas verschluckt hatte, entbanden sich mittelst Wassers $3^1/_4$ Vol. Gas; und 1 Volumen mit Wasserstoffgas gesättigte Kohle behielt, nachdem Wasser sie durchdrungen hatte, nur 0,65 Vol. Gas zurück. — Setzt man eine solche Kohle, die bereits im Wasser ihr überflüssiges Gas ausgeschieden hat, in einer mit Wasser angefüllten Retorte der Siedhitze aus, so entbindet sich aus ihr noch eine ansehnliche Menge von Gas, jedoch ist diese Temperatur nicht hinreichend, das früher eingeschluckte Gas ganz zu vertreiben.

3) Von bedeutendem Einfluß auf die Stärke der Gasverdichtung durch die Kohle ist ferner der äußere Luftdruck auf das Gas. Um zu erfahren, welchen Einfluß die Dichtigkeit eines Gases auf das Volumen hat, welches die Kohle davon absorbirt, brachte Saussure eine Kohle, die sich bei dem gewöhnlichen Luftdruck mit einer bestimmten Menge Gas gesättigt hatte, in die Torricelli'sche Leere eines Barometers. Sowie die Kohle in den luftleeren Raum trat, ließ sie einen Theil ihres Gases fahren, der das Barometer um eine Größe fallen machte, aus der sich der Druck ergab, unter welchem das freigewordene Gas stand. Aus dem körperlichen Inhalt des Theils der Röhre, der von diesem Gase eingenommen wurde, erfuhr er das Volumen des Gases bei jenem Druck, und dieses Volumen abgezogen von dem Raume, den alles von der Kohle beim vorigen Luftdruck absorbirte Gas unter dem neuen Druck eingenommen hätte, gab das Volumen von verdünntem Gase zu erkennen, das in der Kohle in dem luftverdünnten Raume zurückgeblieben war. Um den Versuch bei einem andern Luftdruck anzustellen, war nur nöthig, eine vorher genau bestimmte Gasmenge in das Barometer aufsteigen zu lassen. Eine Buchsbaumkohle, welche unter 0,7343 Meter (27 Z. 1,51 L.) Barometerstand und in der Temperatur von 18°,5 C. $34^1/_2$ Maß kohlensaures Gas absorbirt hatte, wurde in eine Atmosphäre von kohlensaurem Gase gebracht, welche nach den von der Kohle bewirkten Aenderungen unter einem Drucke von 0,2606 Met. (9 Z. 7,52 L.) sich befand. Unter diesem Drucke würden die $34^1/_2$ Maß Gas einen Raum von 97,21 Maßen eingenommen haben; es fanden sich indeß in dem Barometer nur 28,16 Maß Luft. Die Kohle hatte also 69,05 Maß kohlensaures Gas in sich zurückbehalten, woraus folgt, daß die Kohle ein größeres Volumen von verdünntem kohlensaurem Gas in sich aufnimmt, als von verdichtetem. Bei einem andern Versuche wurde, während die Kohle sich in dem Barometer befand, der Luftdruck bis auf 0,4038 M. (14 Z. 10,99 L.) vermehrt, indem die Röhre tiefer ins Quecksilber hineingedrückt wurde. Unter diesem Drucke hätten die $34^1/_2$ Maße, welche die Kohle bei 0,7343 M. absorbirt

hatte, einen Raum von 62,74 Maß einnehmen müssen; das Barometer enthielt aber nur 12,83 Maß Gas, so daß bei diesem Druck in der Kohle 49,91 Maß kohlensaures Gas zurückblieben. Diese und andere Versuche stimmen also dahin überein, daß die Absorptionen der Gase, nach dem Volumen geschätzt, weit größer sind in einer verdünnten als in einer dichteren Atmosphäre, obgleich die Absorption, dem Gewichte nach, in dieser größer als in jener ist. Es finden indeß hier bei Gasarten von großem Absorptionsvermögen auffallende Unterschiede statt, während diese wohl kaum bemerkt werden könnten, wenn die Einsaugung nur etwa das einfache Volumen der Kohle betrüge.

4) Saussure hat außer bei der Kohle auch das Absorptionsvermögen anderer starrer Körper für die unvermischten Gase einer Untersuchung unterworfen, welche zu dem Resultate führte, daß überhaupt alle porösen Körper dieses Vermögen in einem höheren oder geringeren Grade besitzen, und daß im Allgemeinen diejenigen Gase am meisten verschluckt werden, welche auch bei der Kohle die stärkste Absorption erleiden. Bei allen diesen Versuchen bediente man sich der Luftpumpe, um die porösen Körper von atmosphärischer Luft zu befreien und sie für die Verdichtung der Gase empfänglich zu machen, da die Methode des Ausglühens hier aus mehrfachen Gründen nicht anwendbar war. Die folgende Tafel enthält die von Saussure bei 15° C. und ungefähr 0,73 M. (27 Z. 0 Lin.) Barometerstand gefundenen Resultate.

Ein Volumen der festen Substanz absorbirte an Gas folgende Volumina	1. Meerschaum	2. Klebschiefer	3. Holzasbest	4. Bergkork	5. Hydrophan.	6. Schwimmquarz	7. Gyps	8. Bergmilch	9. Haselholz	10. Maulbeerholz	11. Tannenholz	12. Leinfäden	13. Wolle	14. Seide
Ammoniakgas	15	113	12,75	2,3	64	10			100	88		68		78
Schwefelwasserstoffgas .	11,7													
Kohlensaures Gas. . .	5,26	2	1,7	0,82	1	0,6	0,43	0,87	1,1	0,46	1,1	0,62	1,7	1,1
Stickstoffoxydulgas . .	3,75													
Oelbildendes Gas . . .	3,7	1,5	1,7	0,82	0,8	0,6			0,71			0,48	0,57	0,5
Stickstoffgas	1,60	0.7	0,47	0,68	0,6	0,45	0,53	0,80	0,21	0,18	0,21	0,33	0,24	0,125
Sauerstoffgas	1,49	0,7	0,47	0,68	0,6	0,45	0,58	0,67	0,47	0,34	0,5	0,35	0,43	0,44
Kohlenoxydgas	1,17	0,55	0,58	0,78					0,58			0,35	0,3	0,3
Wasserstoffgas	0,44	0,48	0,31	0,68	0.4	0,37	0,50	0,80	0,58	0,46	0,75	0,35	0,3	0,3
Chlorwasserstoffgas . .					17									
Schwefligsaures Gas. .					7,37									

Da der Meerschaum, wenn er auch noch so trocken scheint, immer etwas Wasser enthält, so wurde er zuerst ins Feuer und noch lauwarm unter den Recipienten der Luftpumpe und nach dem Auspumpen erst in das zu absorbirende Gas gebracht. Hat man den Meerschaum so gut, als es in der Temperatur der Atmosphäre möglich ist, getrocknet, ihn aber nicht geglüht, so verschluckt er 150 Maß Ammoniakgas und braucht dazu mehrere Tage. Ist er dagegen im Feuer getrocknet worden, so geht die ganze Absorption in 5 bis 6 Stunden vor sich. Es ergab sich ferner aus Versuchen, daß eine sehr kleine Menge Wasser das Vermögen des im Feuer getrockneten Meerschaums, kohlensaures Gas zu verdichten, ebenfalls sehr erhöhte, eine große Menge von Wasser aber dasselbe verminderte. Der hier untersuchte Meerschaum war von Valecas bei Madrid; sein specif. Gew. betrug 0,826 (durch Untertauchen in Quecksilber bestimmt, welches nicht in ihn hineindrang). — Ebenso wie bei der Kohle waren auch beim Meerschaume die

Absorptionen größer in verdünntem Gase, als in dichterem; es verschluckten 13,87 Cub.-Cent. (0,7 C.-Z.) Meerschaum, die bei einem Luftdruck von 0,723 M. (26 Z. 8,51 L.) nur $42^1/_2$ Centimeter (2,14 C.-Z.) kohlensaures Gas aufgenommen hatten, $50^1/_2$ Centim. von eben diesem Gase, bei einer Verdünnung von 0,238 M. (8 Z. 9,50 L.) barometrischem Drucke.

Der Klebschiefer, von Menilmontant, der im Feuer sich spaltet und stark zusammenzieht, wurde nur an der Luft getrocknet und unter der Luftpumpe luftleer gemacht; das spec. Gew. desselben fand Saussure 0,95. Der Holzasbest aus Tyrol hatte ein spec. Gew. von 1,42 und der Bergkork = 0,6; beide Steine wurden durch Ausglühen getrocknet und dann unter die Luftpumpe gebracht. Der sächsische Hydrophan hatte ein spec. Gew. von 1,7 und der Schwimmquarz von Vauvert = 1,18; der Hydrophan wurde an der Luft, der Quarz durch Glühen getrocknet. Der Gyps war im calcinirten Zustande durch Wasser erhärtet und an der Luft getrocknet; Bergmilch, mineralischer Lerchenschwamm vom Jura, eine sehr leichte weiße Kreide von 0,465 specifischem Gewicht.

Die Hölzer Nr. 9 — 11 waren an der Luft getrocknet und dann kleine Stücke derselben mehrere Wochen lang über Chlorcalcium aufbewahrt; dennoch behielten sie noch etwas hygroskopisches Wasser in sich, welches sich, als sie luftleer in Ammoniakgas versetzt wurden, dadurch offenbarte, daß sich während der Absorption ein wässeriger Dunst um sie verbreitete, den die beim Verdichtungsprocesse freigewordene Wärme austrieb. Dieselbe Erscheinung zeigten bei gleicher Behandlung Klebschiefer, Zwirn, Wolle und Seide; alle diese Körper verschluckten nachher wieder den Dunst. Die Leinfäden hatten, in feste Bündel zusammengepreßt, ein spec. Gew. = 0,78, die rohe Seide, in Strähnen angewendet, = 0,731 und die Wolle = 0,6.

Alle Körper, mit denen diese Versuche angestellt wurden, die Kohle und der Hydrophan ausgenommen, sogen bei der angewandten Methode vor der Gasverdichtung beträchtlich viel Quecksilber ein. Nimmt man hierauf nicht Rücksicht, so scheint es, als wenn die absorbirten Volumina der wenig verschluckbaren Gase oft kleiner seien, als der Raum der Poren des absorbirenden Körpers.

5) Das Absorptionsvermögen der meisten Kohlenarten und mehrerer anderer poröser Körper nimmt, nach Saussure's Beobachtungen, bis zu einer gewissen Grenze mit ihrem specifischen Gewichte zu, und dieses muß bei übrigens gleichen Umständen größer sein, wenn die Poren enger und gedrängter beisammen liegen; so absorbirte 1 Volumen

Korkkohle	von 0,1	spec.	Gew.	fast keine atmosph. Luft		
Tannenkohle	" 0,4	"	"	4,5 Vol.	"	"
Buchsbaumkohle . . .	" 0,6	"	"	7,5	"	"
Steinkohle vom Ruffiberg	" 1,326	"	"	10,5	"	"

Nimmt man Kohlen von noch größerer Dichtigkeit, so gelangt man bald zu einer Grenze, wo die Poren zu enge werden, um überhaupt noch Gas eindringen zu lassen. So ließ z. B. Reißblei von Cumberland, welches 96 Proc. Kohle enthält, bei einem specifischen Gewichte von 2,17 die atmosphärische Luft ganz unverdichtet; und ebenso verhielt es sich mit einer Kohle von nahe demselben specifischen Gewichte, welche Saussure durch Destillation flüchtiger Oele in einer glühenden

Porzellanröhre erhielt. Uebrigens entspricht dieses Zunehmen der Verdichtung demjenigen des specifischen Gewichtes auch nur ungefähr; die verschiedenen Arten von Kohle weichen nämlich bei gleicher und ungleicher Dichtigkeit doch immer in ihrer Organisation von einander ab, und lassen sich daher nicht immer mit einem Schwamme vergleichen, dessen Poren und dessen Dichtigkeit man durch Druck modificiren kann. — Sowie mit dem Kleinerwerden der Poren die Absorption der Gase durch die Kohle zunimmt, wird umgekehrt durch die Zerstörung, Oeffnung und Erweiterung der kleinen Zellchen der Kohle ihr Absorptionsvermögen bedeutend geschwächt; dieselbe Buchsbaumkohle, von welcher ein Stück, das 2,94 Gramm wog und ein Volumen von 4,92 Cub.-C. hatte, ungefähr 7,25 Vol. an atmosphärischer Luft absorbirte, nahm bei gleichem Gewicht und einem Volumen von 7,3 Cub.-Cent. nur 20,8 Cub.-C. oder das 3fache ihres Volumens atmosphärische Luft auf, nachdem sie zu einem feinen unfühlbaren Pulver zerrieben worden war. Die Verdichtung der Gase in den festen Körpern zeigt also eine Analogie mit dem Aufsteigen von Flüssigkeiten in Haarröhrchen: beide stehen nämlich im umgekehrten Verhältniß der inneren Durchmesser der Röhren.

Nach Saussure wird die Verdichtung der Gasarten durch poröse Körper, abgesehen von dem Einflusse des Grades der Porosität, durch zwei Kräfte bestimmt: 1) durch die anziehende Kraft, vermöge welcher die Gase und der poröse Körper sich mit einander zu vereinigen streben, (die chemische Verwandtschaft) und 2) durch die Kraft der Elasticität des Gases oder die Anziehung derselben zum Wärmestoff. Diese beiden Kräfte sind einander entgegengesetzt, und die Absorption der Gase durch die festen porösen Körper ist das Resultat ihrer Verschiedenheit.

6) Die bisherigen Versuche betrafen die Absorption reiner, nicht mit einander vermischter Gasarten; verwickelter werden die Erscheinungen, wenn man die Versuche auf die gleichzeitige Absorption mehrerer Gase durch einen porösen Körper ausdehnt. Auch diese Erscheinungen sind von Saussure näher studirt worden und zwar stellte er seine Versuche auf zwei verschiedenen Wegen an: einmal versetzte er den porösen Körper luftleer in Mischungen aus zwei Gasen; zweitens brachte er ihn luftleer erst in das eine unvermischte Gas und, nachdem er sich damit gesättigt hatte, versetzte er ihn in das zweite Gas. Die eudiometrische Prüfung der Luft, welche nach dieser zweiten Absorption zurückblieb, gab das Verhältniß zu erkennen, in welchem beide Gasarten absorbirt worden waren. Saussure stellte seine Versuche mit Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, Stickstoffgas und Kohlensäuregas an und gelangte dabei zu folgenden allgemeinen Resultaten:

a) Wird eine Kohle, die mit einem dieser Gase geschwängert ist, in eins der andern dieser Gase gebracht, so läßt sie einen Theil des erstern Gases fahren, um von dem zweiten einen Antheil in ihre Poren aufzunehmen. Je nachdem das früher von der Kohle eingeschluckte Gas einer stärkern oder nur einer schwächern Verdichtung fähig ist, als das Gas, in welches man sie versetzt, wird die Atmosphäre, worin sich die Kohle befindet, im ersten Falle vergrößert, wobei in der Kohle Kälte entsteht, im zweiten Falle vermindert, wobei in der Kohle Wärme frei wird. Versetzt man z. B. die mit Kohlensäuregas geschwängerte Kohle in Wasserstoffgas, so vermehrt sich die Luftmenge sehr bedeutend und die Kohle wird kälter; es dringt nämlich nur eine sehr kleine Menge Wasserstoffgas in die Poren der Kohle und treibt aus ihnen ein weit größeres Volumen kohlensauren Gases

aus, und jene kleine Menge Wasserstoffgas nimmt in dem porösen Körper ungefähr denselben Raum ein, als zuvor der ausgetriebene Theil des kohlensauren Gases. Das Gegentheil zeigt sich, wenn man umgekehrt eine mit Wasserstoffgas gesättigte Kohle in einen mit Kohlensäuregas gefüllten Recipienten bringt. Bei Anwendung von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bemerkt man dieselben Erscheinungen, und überhaupt läßt sich aus der oben mitgetheilten Stufenfolge der Verdichtungen der reinen Gasarten durch die Kohle der Erfolg bei diesen Versuchen jedesmal voraussagen. Das absorbirte Gas scheidet sich in diesen Fällen gerade so aus der Kohle aus, wie aus Wasser, das mit dem Gase geschwängert ist, wenn es mit einer andern Gasart in Berührung kommt. Hieraus ergiebt sich auch, daß die Kohle, wie die Beobachtung bestätigt, in der atmosphärischen Luft stets mehr Sauerstoffgas als Stickstoffgas absorbirt.

b) Das Volumen des Gases, welches durch ein anderes aus der Kohle ausgetrieben wird, variirt nach Verschiedenheit des Verhältnisses, worin beide Gasarten in dem nicht absorbirten Rückstande vorhanden sind. Die Ausscheidung ist desto vollständiger, in je größerem Ueberschusse das Gas angewandt wird, welches dieselbe bewirken soll; doch kann man in verschlossenen Gefäßen niemals ein früher verschlucktes Gas durch ein anderes vollständig austreiben, eine kleine Menge bleibt immer noch in der Kohle zurück.

c) Zwei durch Absorption in der Kohle vereinigte Gase erleiden in ihr oft eine etwas größere Verdichtung, als jedes im ungemischten Zustande; so z. B. begünstigt die Gegenwart von Sauerstoffgas in der Kohle die Verdichtung des Wasserstoffgases in ihr, ferner die Gegenwart von Kohlensäuregas die Verdichtung des Sauerstoffgases und die Gegenwart von Wasserstoffgas die Verdichtung des Stickstoffgases in den Poren der Kohle. Doch findet diese Wirkung nicht in allen Fällen bei den vier erwähnten Gasen statt, indem die Gegenwart des Stickgases in der Kohle die Absorption des Kohlensäuregases nicht vermehrt. 1 Volumen Buchsbaumkohle, welches 1,75 Vol. Wasserstoffgas absorbirt hatte, verminderte bei 11° C. eine Atmosphäre von 20,45 Vol. Sauerstoffgas (welches 2 Proc. Stickstoffgas enthielt) um 6,5 Vol., während dafür 1 Vol. Wasserstoffgas aus der Kohle entbunden wurde und also 0,75 Vol. noch in derselben zurückblieb. Nach der oben mitgetheilten Tafel verschluckt 1 Vol. luftleere Buchsbaumkohle von Sauerstoffgas 9,2 Vol. und von Wasserstoffgas 1,75 Vol. Dem Verhältniß dieser Zahlen entsprechend sollten 7,5 Vol. Sauerstoffgas 1,42 Vol. Wasserstoffgas ausgetrieben haben; da sie aber nur 1 Vol. austrieben, so sieht man, daß die Gegenwart des Wasserstoffgases die Verdichtung des Sauerstoffgases in der Kohle verstärkt, und daß diese zu gleicher Zeit 0,75 Vol. Wasserstoffgas und 7,5 Vol. Sauerstoffgas zurückgehalten hat. Nach Poggendorff *) verdient dieser Satz eine experimentelle Prüfung; Saussure's Rechnung wenigstens ist nicht richtig, da dabei der Druck nicht berücksichtigt wurde, den die Gase, einzeln betrachtet, in dem Rückstand erlitten. Eine Correction hierfür ist nicht anzubringen, da das Gesetz, nach welchem der Druck die von der Kohle absorbirt werdende Gasmenge abändert, noch unbekannt ist.

d) Wenn auch durch eins der vier angeführten Gase die Verdichtung eines der andern begünstigt wird, so gehen doch beide keine wahrzunehmende bleibende

*) Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 19, Anmerk.

Verbindung ein (wenigstens nicht innerhalb des Zeitraums von einigen Tagen). So z. B. ließ sich, trotz der Behauptung von Rouppe und Norden, keine Wassererzeugung wahrnehmen, wenn man bei der gewöhnlichen Temperatur eine mit Wasserstoffgas gesättigte Kohle in Sauerstoffgas brachte oder den umgekehrten Versuch machte. Ebenso wenig gelang es, auf diesem Wege Stickgas und Wasserstoffgas zu Ammoniak, oder Stickgas und Sauerstoffgas zu Salpetersäure zu vereinigen. 1 Vol. Buchsbaumkohle, das nach dem Ausglühen bei 11° C. 9,2 Vol. Sauerstoffgas absorbirt hatte, wurde in 15,6 Vol. Wasserstoffgas gebracht und vergrößerte dieses Luftquantum um 3,21 Vol.; der Rückstand, der nun 18,81 Vol. betrug, bestand aus 4,55 Vol. Sauerstoffgas und 14,26 Wasserstoffgas; die Kohle enthielt also jetzt 1,34 Vol. Wasserstoffgas und 4,75 Vol. Sauerstoffgas; mit Wasser in Berührung gebracht, entließ die Kohle von dem erstern Gase 0,74 Vol. und von dem zweiten 0,23 Vol.; es blieben also noch 4,52 Vol. Sauerstoffgas und 0,6 Vol. Wasserstoffgas zurück. Es treibt aber Wasser aus einer bloß mit Wasserstoffgas (mit 1,75 Vol.) gesättigten Kohle 1,1 Vol. aus und behält also noch 0,65 Vol. oder nahe dieselbe Menge zurück. Man sieht also, daß der Sauerstoff und Wasserstoff in der Kohle nicht als Wasser, wenigstens nicht in irgend bemerkbarer Menge vorhanden gewesen sein konnten, weil nämlich die Absorption des Sauerstoffgases und des Wasserstoffgases in einem ganz andern Verhältnisse stehen, als worin sie Wasser bilden; ferner weil die Temperatur bei dem Zusammentreffen der Gase sinkt, und endlich, weil die Austreibung der beiden Gase durch das Wasser in einem Verhältnisse erfolgt, welches zeigt, daß sie nicht bei einander sind, um Wasser zu bilden.

Saussure bemerkt auch, daß die Mengen von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, welche eine Kohle absorbirt, verschieden sind nach den Mengen beider, welche in dem Recipienten zurückbleiben, und daß jene und diese mit einander in bestimmten Verhältnissen stehen. So ließ eine mit Sauerstoffgas gesättigte Kohle, als sie in 15,6 Vol. Wasserstoffgas gebracht wurde, 4,55 Vol. Sauerstoffgas fahren, für welche sie 1,34 Vol. Wasserstoffgas aufnahm; während eine solche Kohle, in 11 Vol. Wasserstoffgas versetzt, nur 3,12 Vol. Sauerstoffgas entließ und 0,76 Vol. Wasserstoffgas einsog, weil der Gasrückstand in diesem Falle verhältnißmäßig viel mehr Sauerstoffgas als in dem vorigen enthielt. Diese freie Gemeinschaft zwischen den Gasen in der Kohle und denen außer derselben, welche nach der Absorption ihr zur Atmosphäre dienen, ist ein fernerer Beweis, daß die vereinigten Gase in der Kohle keine dauerhafte Verbindung eingehen, wie bei der Wassererzeugung der Fall wäre, sondern daß sie sich nur bei ihrer gegenseitigen Berührung in der Kohle ein wenig zusammenziehen.

Dulong und Thénard haben gefunden, daß Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, wenn sie gleichzeitig mit der Kohle in Berührung sind, durch diese erst bei 350° C. zu der Bildung von Wasser veranlaßt werden; daß dagegen in einem Gemenge von Schwefelwasserstoffgas und Sauerstoffgas oder atmosphärischer Luft durch die Kohle schon bei gewöhnlicher Temperatur, unter Ausscheidung von Schwefel, Wasser erzeugt werde. Wird nämlich die Kohle mit Schwefelwasserstoffgas gesättigt und sodann in eine Atmosphäre von trocknem Sauerstoffgase gebracht, so erfolgt die angeführte Vereinigung unter Detonation, welches um so merkwürdiger ist, da nach Saussure's Beobachtungen bei dem theilweisen Austausche der von der Kohle absorbirten Gase Kälte erzeugt werden müßte.

7) Im Allgemeinen zeigen sich dieselben Erscheinungen, wie wir sie bei der Kohle betrachtet haben, bei allen porösen Körpern; jedoch können diese gegenseitigen Austreibungen der Gase in entgegengesetzter Ordnung statthaben, wenn die Verwandtschaft dieser Körper nicht dieselbe Ordnung befolgt. Meerschaum absorbirte in 2,5 Vol. eines Gemenges von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas 0,57 Vol. von dem erstern und 0,44 Vol. von dem letztern, also, der oben angeführten Absorptionsfolge der einzelnen Gase gemäß, von dem Sauerstoffgase mehr als von dem Wasserstoffgase; auch findet man, daß eine Verdichtung stattgefunden hat. Der Klebschiefer von Menilmontant absorbirte in demselben Gasgemenge ein gleich großes Volumen beider Gase. Ein Vol. Tannenholz absorbirte aus einem Gemenge von gleichen Theilen Stickgas und Wasserstoffgas von 4 Vol. 0,34 Vol. Wasserstoffgas und 0,11 Vol. Stickstoffgas; das Holz wirkt also gerade umgekehrt auf diese Gase, wie die Kohle oder der Meerschaum; doch bleibt auch bei dem Holze die Absorption des Gemisches mit der der einzelnen Gase übereinstimmend.

Die von Ingenhouß und namentlich von Humboldt beobachtete Absorption von Sauerstoff durch die einfachen Erden und deren Gemengen wurde allerdings von Saussure, Berthollet u. A. wenigstens für die humuslosen Erden in Zweifel gezogen, während sie durch die ausführlichen Untersuchungen Schübler's ihre Bestätigung fand; jedoch ist nicht untersucht worden, inwiefern diese Eigenschaft der Erden ihrem porösen Zustande oder ihrer chemischen Verwandtschaft zu jenem Gase und ihrer Verbindung mit demselben zuzuschreiben ist; die Absorption von Sauerstoff namentlich durch die humushaltigen Erden findet in der allmäligen Oxydation des Humus ihre einfache Erklärung und gehört also ebenso wenig, wie die oftmals bemerkte Absorption des Ammoniaks durch Thonerde, Eisenoxyd &c. in die Reihe der hier betrachteten Erscheinungen, indem diese Absorptionen durch offenbar chemische Verwandtschaft veranlaßt werden. Dagegen verdient eine von Magnus bekannt gemachte Eigenschaft des mittelst Wasserstoffes bei möglichst niedriger Temperatur reducirten pyrophorischen Eisens hier Erwähnung; dieses Eisen hält nämlich einen Theil des Wasserstoffgases zurück, welches sich wiederum durch Kohlensäuregas austreiben läßt, wofür aber dieses vom Eisen absorbirt wird. Eine ähnliche absorbirende Eigenschaft besitzt in ausgezeichnetem Grade das sogenannte Platinmohr oder Platinschwarz, welches nichts anderes ist, als sehr fein vertheiltes metallisches Platin. Dieses, wenn man es durch Behandlung mit Ameisensäure (die dadurch zu Kohlensäure oxydirt wird) von Sauerstoffgas befreit hat, absorbirt dann nach Döbereiner das 250fache seines Volumens an Sauerstoffgas und hat dann die Eigenschaft, nicht allein Wasserstoffgas, Ammoniakgas und andere brennbare Gase unter Entwickelung einer so großen Wärme zu verschlucken, daß die Entzündung der letztern erfolgt, sondern auch in Berührung mit mancherlei Dämpfen, namentlich mit Weingeist, Aether &c. durch Oxydation derselben eine Reihe von neuen chemischen Verbindungen zu erzeugen, wie z. B. die Lampensäure, Essigsäure u. a., welche Eigenschaft jedoch auch schon das feste Platin, namentlich das zu Draht verarbeitete, besitzt, sowie auch Faraday gefunden hat, daß reines Platinblech, welches gegen das unvermischte Sauerstoffgas und Wasserstoffgas keine Absorption zeigt, wenn es mit einem Gemenge beider Gase in Berührung gebracht wird, augenblicklich die Verbindung derselben zu Wasser bewirkt.

Ueber die bei der Absorption von Gasen durch die Kohle beobachtete Wärmeentwickelung und die hierdurch bewirkte Selbstentzündung der letztern s. Kohle, wo auch die Absorptionserscheinungen, welche bei der Kohle (namentlich der thierischen) in ihrem Verhalten gegen riechende Dünste, gegen Verunreinigungen und die färbenden Substanzen in Flüssigkeiten stattfinden, zur Sprache kommen.

E. W.

Abstand der Nachtgleiche vom Mittage, s. Nachtgleiche.

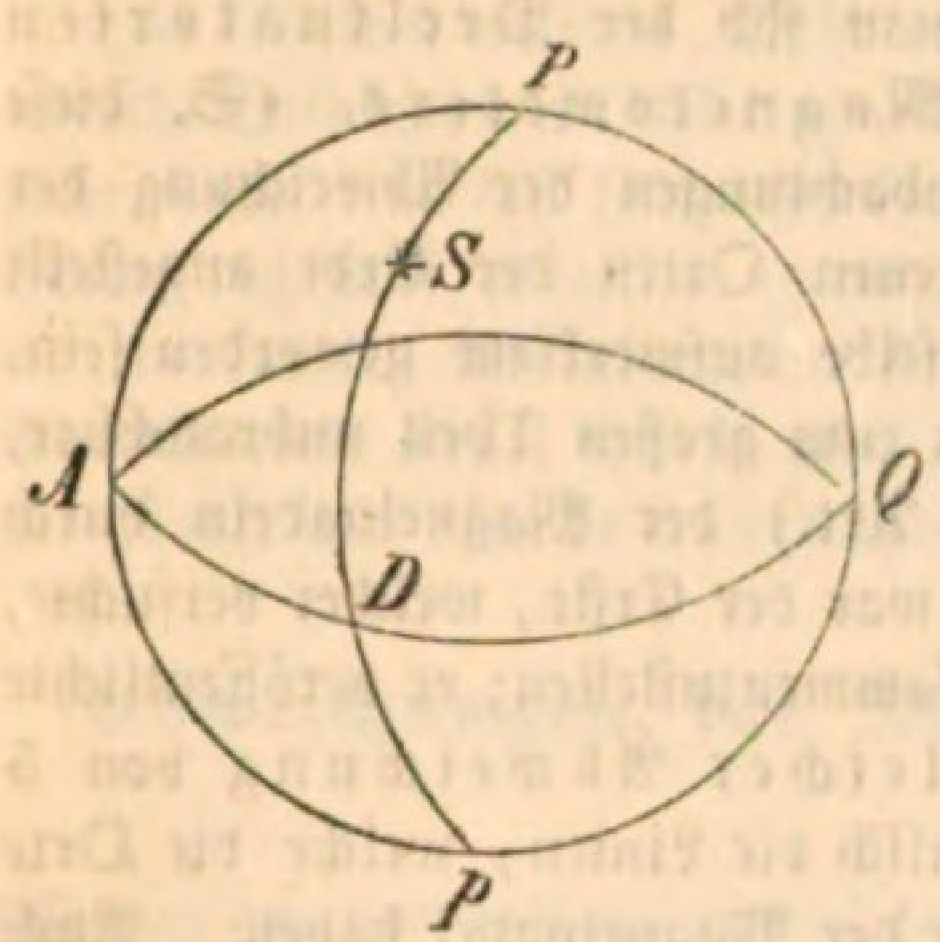
Abstand vom Scheitel, s. Scheitel.

Absteigung, gerade und schiefe, s. Aufsteigung eines Gestirnes.

Abstoßung, s. Anziehung.

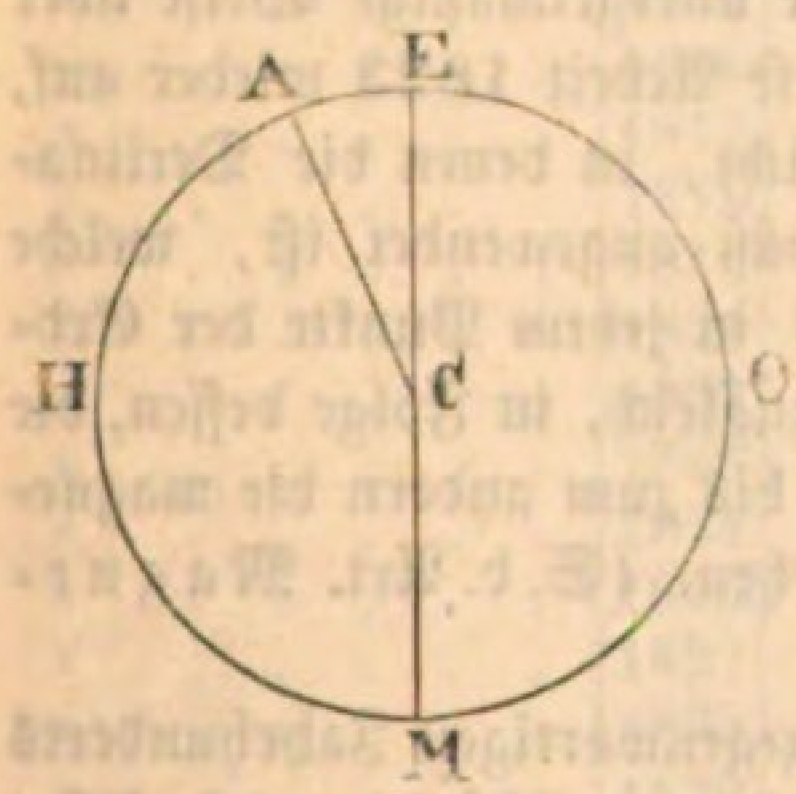
Abtreiben (lat. capellatio) ist eine Operation, mit deren Hülfe man Gold und Silber in ihren Legirungen mit unedlen Metallen von den letzteren abscheidet. Dieses geschieht dadurch, daß man die Legirung flüssig macht, zu welchem Behufe man Blei zusetzen muß, wenn sie nicht schon an und für sich leichtflüssig genug ist, und dann reichlich atmosphärische Luft hinzuleitet, welche die unedlen Metalle oxydirt, während Gold und Silber sich im metallischen Zustande erhalten. Gegen Ende der Operation wird die Legirung durch das allmälige Verschwinden des größten Theiles ihres Bleigehalts natürlich schwerflüssig und man muß dann eine stärkere Hitze anwenden, bis bei dem Silber der sogenannte Silberblick erfolgt, welcher durch das plötzliche Hervortreten der glänzenden Metallfläche sich zu erkennen giebt; man unterbricht dann die Operation und muß das Silber, welches, wenn man im Großen operirte, oft noch 10—12 Proc. Blei enthält, durch das sogenannte Feinbrennen, ein ähnliches Abtreiben auf kleineren Heerden, weiter läutern. Der Heerd, auf welchem abgetrieben wird (Treibheerd), hat die Form einer runden gleichmäßig vertieften Schüssel, und ist in seiner Vertiefung mit einer Substanz ausgefüttert, welche vermöge ihrer Porosität die im Verlaufe der Operation sich bildenden Oxyde ganz oder zum Theil absorbiren und in sich aufnehmen kann; man wendet hierzu besonders Kalkmergel, Holzasche und am zweckmäßigsten, namentlich bei dem Abtreiben im Kleinen, Knochenasche an; die schalenförmigen Gefäße von Knochenasche nennt man Capellen (Cupellen, Coupelles). Um einen Verlust an Silber möglichst zu vermeiden, muß man die Hitze genau reguliren und namentlich keine zu hohe Temperatur anwenden, weil bei dieser leicht durch Verdampfen ein Theil des Silbers verloren gehen kann; jedoch darf die Hitze auch nicht zu schwach sein, weil sonst die Bleiglätte nicht gehörig flüssig würde und von der Capelle nicht so leicht absorbirt werden könnte. Ueber das Abtreiben im Kleinen, mit Hülfe des Löthrohrs, namentlich bei quantitativen Untersuchungen von Erzen und Hüttenproducten, vergl. Löthrohr. E. W.

Abweichung (astronomische) oder Declination eines Gestirns (lat. declinatio; franz. déclinaison; engl. declination) nennt man den Theil SD des durch die Pole P und p des Aequators AQ und durch einen Stern S hindurch gehenden, Declinations- oder Abweichungskreis dieses Sternes genannten, größten Kugelkreises PSDp, welcher Theil also zwischen dem Aequator AQ und dem Sterne S liegt. Steht nun der Stern nord- oder südwärts vom Aequator, so hat er resp. eine nördliche oder südliche Abweichung, welche von 0° (im Aequator) an bis 90° (im Nord- oder Südpole) wachsen kann. So z. B.



heißt + 40⁰ Declination: der Stern steht vom Aequator um 40⁰ nordwärts ab, und — 50⁰ 30′ Abweichung heißt: der Stern ist um 50⁰ 30′ vom Aequator südwärts entfernt. Culminirt ein Stern, fällt also sein Abweichungskreis mit dem Mittagskreise des Beobachtungsortes zusammen, so ist in diesem Augenblicke die Abweichung dieses Sterns gleich dem Unterschiede seiner Mittagshöhe (größten Höhe) und der Aequatorhöhe. In unsern Gegenden ist für die Sonne zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen, wo die Sonne im Aequator selbst steht, ihre Abweichung = 0, zur Zeit der Sommer-Sonnenwende gleich der Schiefe der Ekliptik (+ 23⁰ 27′) und zwar am größten nördlich, zur Zeit der Winter-Sonnenwende ebenfalls der Schiefe der Ekliptik (— 23⁰ 27′) gleich, jedoch am größten südlich. — Durch die Abweichung und die gerade Aufsteigung (s. d. Art.) wird der Ort eines Gestirns an der scheinbaren Himmelskugel bestimmt. J.

Abweichung (magnetische) oder Declination der Magnetnadel (lat. declinatio oder variatio acus magneticae; franz. déclinaison de l'aiguille aimantée; engl. variation of the compass) nennt man den Winkel, unter welchem die Ebene des magnetischen Meridians gegen die Ebene des astronomischen (wahren) Meridians geneigt ist. Die Magnetnadel zeigt nämlich nur an wenigen Orten der Erde mit ihrem Nordende genau nach dem geogr. Nordpole; vielmehr zeigt sie bald nach einem östlich bald nach einem westlich von dem wahren Nordpunkte gelegenen Punkte. Im ersten Falle sagt man, sie habe östliche Abweichung; im zweiten Falle, sie habe westliche Abweichung. Gesetzt, HO sei der Horizont, ME die Linie, in welcher der wahre Meridian den Horizont schneidet (die Mittagslinie), CA die Linie, in deren Richtung die im Beobachtungsorte C aufgestellte Magnetnadel sich einstellt, so ist der Winkel ACE, welcher durch den Bogen AE des Horizontes gemessen wird, die Abweichung der Magnetnadel für den Ort C. Die Magnetnadel ist in einer fortwährenden Bewegung, ändert also auch ihre Abweichung fortwährend, indeß läßt sich doch für jeden Ort eine bestimmte mittlere Richtung nachweisen, um welche die Schwankungen (Oscillationen) der Nadel stattfinden und welche geraume Zeit dieselbe bleibt; nach dieser mittleren Richtung bestimmt man die sogenannte absolute Abweichung der Nadel für einen bestimmten Ort.



Da man sich der Magnetnadel zur Orientirung von Gebäuden, zu Sonnenuhren, als Wegweiser auf den Schiffen und in Bergwerken bedient, so ist es schon in dieser Beziehung — abgesehn von dem rein wissenschaftlichen Interesse — von großer Wichtigkeit, genau die Declination kennen zu lernen und Mittel zu besitzen, um sie bestimmen zu können. Kennt man nämlich die Declination, so ist es leicht, die Richtung der Mittagslinie für einen Ort zu bestimmen.

Zur Bestimmung der Declination bedient man sich der Declinatorien oder Declinations-Boussolen oder des Magnetometers. (S. diese Artikel.) Wir besitzen eine große Anzahl von Beobachtungen der Abweichung der Magnetnadel, welche von Reisenden an verschiedenen Orten der Erde angestellt worden sind. Schon Columbus soll auf dieselbe aufmerksam geworden sein. Die älteren Beobachtungen sind jedoch schon darum zum großen Theil unbrauchbar, weil man früher auf die Ablenkung (s. d. Art.) der Magnetnadeln durch das Schiffseisen keine Rücksicht nahm. Halley war der Erste, welcher versuchte, die bis zu seiner Zeit gemachten Beobachtungen zusammenzustellen; er veröffentlichte 1700 eine Seekarte, auf welcher die Linien gleicher Abweichung von 5 zu 5 Grad eingetragen sind. So nennt man nämlich die Linien, welche die Orte mit einander verbinden, welche gleiche Abweichung der Magnetnadel haben. Auch isogonische Linien (v. d. griech. *ἴσος* gleich und *γωνία* Winkel) werden diese Linien genannt, weil sie die Punkte angeben, an denen der Winkel, welchen der magnetische Meridian mit dem wahren Meridiane macht, derselbe ist. Im J. 1745 und 1746 gaben Mountain und Dodson eine neue Karte der Abweichungen heraus, zu welcher sie die Register der englischen Admiralität benutzt hatten. Churchmann ließ 1794 einen magnetischen Atlas erscheinen, in welchem er die Gesetze der Abweichung anzugeben suchte, wobei er von der Annahme zweier magnetischen Pole der Erde ausging, von denen der eine für 1800 unter 58° n. Br. und 134° w. L. von Greenwich, der andere unter 58° s. Br. und 165° L. läge. Churchmann behauptete, daß der Nordpol seinen Umlauf in 1096 Jahren, der Südpol den seinigen in 2289 Jahren vollende. Schon 1787 hatte aber Hansteen die vollständigste Darstellung der Beobachtungen der Declination gegeben, welche man bis dahin kannte. Zugleich lieferte er einen Atlas, in welchem alle Linien gleicher Abweichung verzeichnet sind. Die Abweichung dieser Linien von der Symmetrie war so groß, daß man daraus schließen mußte, daß die Ursachen, von denen der Erdmagnetismus abhängt, auf eine unregelmäßige Weise über die Erdoberfläche verbreitet seien. Barlow nahm diese Arbeit 1823 wieder auf, aber Duperrey hat 1836 neue Karten *) veröffentlicht, in denen die Declination der Magnetnadel ihrer wahren Bestimmung gemäß angewendet ist, welche darin besteht, die Richtung des magnetischen Meridians in jedem Punkte der Erdkugel, wo er beobachtet worden, kennen zu lehren, und zugleich, in Folge dessen, die Gestalt der Curven, welche von einem magnetischen Pole bis zum andern die magnetischen Meridiane aller der Orte sind, durch welche sie gehen. (S. d. Art. Magnetismus der Erde.)

Die Anzahl der besonders seit dem Beginne des gegenwärtigen Jahrhunderts gemachten Declinationsbeobachtungen ist zu groß, um hier vollständig aufgeführt und besprochen zu werden. Einige Beobachtungsreihen geben zu interessanten Bemerkungen Gelegenheit. So hat der Capitain Parry 1819 eine Reihe von Beobachtungen in den Polarmeeren theils am Lande, theils auf dem Eise angestellt, immer in hinreichender Entfernung vom Schiffe, um den störenden Einfluß des Schiffseisens (vergl. Ablenkung der Magnetnadel) zu vermeiden. Vergleicht man die von ihm gefundenen Bestimmungen der Abweichung, so fällt auf, daß Bestimmungen, welche an demselben Beobachtungsorte bei verschiedenen Beobach-

*) Cartes des Méridiens et des Parallèles magnétiques. Paris, 1836.

tungen erhalten wurden, Differenzen von 2°, 3° und sogar von 7° zeigen. Man schreibt diese großen Differenzen dem Umstande zu, daß in den Polargegenden die freie Nadel eine fast senkrechte Stellung annimmt, so daß die sie in der horizontalen Ebene richtende Kraft so gering ist, daß die geringsten störenden Einflüsse schon eine bedeutende Ablenkung der Nadel aus der normalen Stellung zur Folge haben. Die richtende Kraft soll so gering sein, daß sie kaum im Stande ist, die Reibung der Nadel auf dem sie unterstützenden Stifte zu überwinden.

Abweichungen der Magnetnadel für verschiedene Orte der Erde.

(Auszug aus dem Tableau géneral des observations magnétiques dressé par M. le capitaine L. J. Duperrey.)

Frankreich und Niederlande.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Paris	1800	48°50′ N.	0° 0′	Cotte	22°12′ W.
=	1802	=	=	Bouvard	22 13
=	1805	=	=	=	22 15
=	1807	=	=	=	22 34
=	1811	=	=	Arago	22 25
=	1812	=	=	=	22 29
=	1813	=	=	=	22 28
=	1814	=	=	=	22 34
=	1816	=	=	=	22 25
=	1817	=	=	=	22 19
=	1818	=	=	=	22 26
=	1819	=	=	=	22 39
=	1821	=	=	=	22 25
=	1822	=	=	=	22 11
=	1823	=	=	=	22 23
=	1824	=	=	=	22 23
=	1825	=	=	=	22 13
=	1827	=	=	=	22 20
=	1828	=	=	=	22 6
=	1829	=	=	=	22 12
=	1832	=	=	=	22 3
=	1835	=	=	=	22 4
Dünkirchen . . .	1836	51 2	0 2 O.	La Roche	22 21
Trèport	1825	50 4	1 58 W.	Givry	22 31
Le Havre	1834	49 29	2 14	Bégat	22 59
Cherbourg	1832	49 39	3 57	=	23 58
Ile Chausey . . .	1829	48 52	4 10	Daussy	23 31
Bréhat	1831	48 51	5 20	Givry	24 49
Brest	1833	48 23	6 50	Guépratte	24 41
Crozon	1818	48 15	6 50	Daussy	25 7
Lorient	1819	47 45	5 41	=	24 28
Noirmoutier . . .	1822	47 0	4 34	=	24 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Ile d'Yeu	1822	46°43′ N.	4°40′ W.	Dauſſy	23°42′ W.
J. de Ré } T. des Bal.	1824	46 15	3 54	=	22 10
J. de Ré } Ste.-Marie	1824	46 9	3 38	=	22 2
La Rochelle . . .	1824	46 10	3 28	=	23 6
Rochefort	1824	45 56	3 18	=	22 59
Marennes	1824	45 49	3 27	=	22 56
Cordouan	1825	45 35	3 30	=	22 30
Bordeaux	1825	44 50	2 54	=	22 22
Teſte de Buch . . .	1826	44 38	3 28	=	22 33
Bayonne	1826	43 31	3 50	=	22 19
Montpellier . . .	1828	43 37	1 33 O.	Gergonne	20 29
Marſeille	1798	43 18	3 2	Humboldt	20 55
=	1817	=	=	Blanpin	19 48
Toulon	1811	43 7	3 35	Strode	19 10
=	1818	=	=	Gauttier	19 30
=	1822	=	=	Duperrey	19 20
=	1830	=	=	Bloſſeville	19 19
=	1831	=	=	Bérard	19 13
=	1832	=	=	=	19 11
Brüſſel	1827	50 51	2 2	Quetelet	22 29
=	1830	=	=	=	22 25
=	1832	=	=	=	22 19
=	1833	=	=	=	22 13
=	1834	=	=	=	22 15
=	1835	=	=	=	22 7
=	1836	=	=	=	22 8
=	1837	=	=	=	22 4
=	1838	=	=	=	22 4
=	1839	=	=	=	21 53
Antwerpen	1800	51 13	2 4	Beautemps-Beaupré .	21 30
Oſtende	1804	51 14	0 35	= =	21 0
Vließingen	1800	51 27	1 15	= =	21 20

Großbritannien.

London	1800	51°28′ N.	2°20′ W.	Gilpin	24° 3′ W.
=	1801	=	=	=	24 4
=	1802	=	=	=	24 6
=	1803	=	=	=	24 8
=	1804	=	=	=	24 8
=	1805	=	=	=	24 8
=	1806	=	=	Waddel	24 8
=	1807	=	=	=	24 10
=	1808	=	=	=	24 10
=	1809	=	=	=	24 11
=	1811	=	=	=	24 14
=	1812	=	=	=	24 16
=	1813	=	=	Beaufoy	24 20
=	1815	=	=	=	24 17
=	1816	=	=	=	24 17
=	1817	=	=	=	24 17

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
London	1818	51°28′ N.	2°20′ W.	Beaufoy	24°15′ W.
=	1819	=	=	=	24 14
=	1820	=	=	=	24 11
=	1821	=	=	=	24 11
=	1822	=	=	=	24 9
=	1823	=	=	=	24 10
=	1831	=	=	=	24 0
Falmouth	1830	50 8	7 23	H. Foster	25 25
Plymouth	1831	50 22	6 30	King	25 18
Bushey	1838	51 38	2 42	J. Roß	23 59
Valencia	1838	51 56	12 37	=	28 42
Lerwick	1838	60 9	3 27	=	27 9
Edinburg	1823	55 58	5 30	Wallace	27 48
Orkney-Inseln . .	1821	58 48	5 15	Parry	27 32
Stromneß	1819	58 56	5 48	Franklin	27 50
Gola	1832	55 4	10 40	Mudge	28 5

Rußland und Sibirien.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
St.-Petersburg . .	1811	59°56′ N.	27°59′ O.	Henry	7°16′ W.
= . . .	1818	=	=	Wisniewski . . .	7 27
= . . .	1828	=	=	Hansteen	6 41
Moskau	1805	55 45	35 17	Goldbach	5 24
=	1828	=	=	Hansteen	3 3
Nowgorod	1828	58 31	28 56	=	6 26
Archangel	1822	64 34	38 14	Lütke	1 17 O.
Inseln Olenith . .	1824	60 53	30 32	=	1 23 W.
Insel Kildin . . .	1824	69 22	31 0	=	1 2
Insel Seven . . .	1824	69 0	34 10	=	0 30
Matotschkin . . .	1824	73 19	52 0	=	10 34 O.
Kasan	1828	55 47	46 46	Erman	2 22
Charkow	1811	50 0	34 6	Huth	5 17 W.
Astrakan	1813	46 21	45 46	Kolodkin	2 13
Gurief	1831	47 7	49 39	Poggendorff's Karte .	0 0
Soukoum-Kalek . .	1824	43 0	38 40	Gauttier	6 30
Tiflis	1831	41 30	42 41	Poggendorff's Karte .	5 0
N. Nowgorod . .	1828	56 20	41 40	Erman	0 35 O.
Zarizin	1830	48 42	42 13	Hansteen	1 52 W.
Saratow	1830	51 31	43 44	=	0 7
Sebastopol . . .	1820	44 36	31 10	Gauttier	8 30
Kaffa	1820	45 3	33 2	=	8 10
Asowsches Meer . .	1820	45 15	34 10	=	8 0
Odessa	1830	46 29	28 23	Marigny	10 30
Kilia	1828	45 26	26 56	Russ. Officiere . .	8 53
Orenburg	1830	51 45	52 46	Hansteen	3 22 O.
Perm	1828	58 1	54 6	=	6 4
Orsk	1829	51 12	56 12	=	4 4
Jekaterinenburg . .	1828	56 50	58 19	=	6 27
Tobolsk	1805	58 12	65 46	Schubert	5 27
=	1828	=	=	Hansteen . , . .	6 27
Jelisarova	1828	61 15	66 25	Erman	11 45

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Schorkal	1828	63° 0′ N.	65° 2′ O.	Erman	11° 9′ O.
Beresow	1828	63 56	65 0	„	11 16
Obdorsk	1828	66 40	66 30	„	14 29
Tara	1805	56 55	71 45	Schubert	3 46
„	1829	„	„	Erman	9 38
Barnaul	1829	53 20	81 37	Hansteen	7 25
Omsk	1829	54 59	71 19	„	8 49
Tomsk	1828	56 30	82 50	„	8 32
Krasnojarsk . . .	1829	56 1	90 37	„	6 43
Udinsk	1829	54 55	96 42	„	4 38 W.
Jenisseisk	1829	58 27	89 50	„	6 56 O.
Somorokova . . .	1829	61 39	87 32	„	10 16
Kangatovo . . .	1829	63 29	84 55	„	13 14
Turukhausk . . .	1829	65 56	85 12	„	15 1
Irkutsk	1805	52 17	101 51	Schubert	0 32
„	1820	„	„	Wrangel	2 30
„	1829	„	„	Erman	2 5
„	1829	„	„	Hansteen	1 37
„	1830	„	„	G. Fuß	1 25
Troizko-Sovsk . .	1829	50 21	104 15	Hansteen	0 5
„ „ . . .	1831	„	„	G. Fuß	0 1
Stepnoi	1830	52 10	104 0	„	1 8
Progromnoi . . .	1832	52 30	108 43	„	0 18 W.
Tschitanskoi . . .	1832	52 1	111 7	„	1 13
Uststretensk . . .	1832	53 20	119 31	„	4 21
Attanskoi	1832	49 28	109 10	„	0 48
Mendshinskoi . . .	1832	49 26	106 35	„	0 12
Tharazaiska . . .	1832	50 29	102 22	„	0 27 O.
Kirensk	1829	57 47	105 42	Erman	0 54
Krostova	1829	59 44	110 43	Hansteen	2 13 W.
Nothuiskaïa . . .	1829	59 15	115 22	„	1 54
Markinskaïa . . .	1829	60 36	121 8	„	2 20
Wiluisk	1829	63 45	119 10	„	1 42
Bogadiakh . . .	1829	64 2	122 30	„	1 38
Jakutsk	1820	62 2	127 44	Wrangel	5 50
„	1829	„	„	Hansteen	5 48
„	1829	„	„	Erman	5 55
Nokhinskaïa . . .	1829	61 57	132 45	„	2 14
Okhotsk	1829	59 20	140 52	„	2 16
Tigil	1829	57 57	155 42	„	3 41 O.
Jelowka	1829	56 56	158 2	„	5 9
Avatcha	1805	53 1	156 24	Krusenstern . . .	5 39
„	1827	„	„	Beechey	4 13
„	1829	„	„	Erman	4 15
Cap Swatoi-nos . .	1823	71 30	143 40	Wrangel	8 42
„ . . .	1823	76 30	135 40	„	16 0
Cap Magatoff . .	1823	72 0	147 40	„	11 3
Neu-Sibirien . . .	1823	75 0	147 40	„	15 15
Neu-Kolymsk . . .	1823	68 32	158 30	„	11 45
Bäreninsel . . .	1823	70 30	160 40	„	14 4
Im Meere	1823	70 45	162 40	„	14 51
Techaunkaïa . . .	1823	70 0	167 40	„	18 3

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Golf St.-Laurent	1828	65°36′ N.	173° 4′ W.	Lütke	24° 4′ O.
Meerenge v. Seniavine	1828	64 54	174 35	„	23 0
Golf v. Anadir	1828	65 0	178 55 O.	„	18 40
Kreuzbai	1828	65 55	178 30	„	21 45
Bai Ratmanoff	1828	65 0	174 40 W.	„	23 0
Insel Karaginsky	1828	59 0	161 25 O.	„	6 20
Land der Kariaken	1828	62 0	176 40	„	13 35
Beringsinsel	1827	57 17	163 30	„	5 50

Dänemark, Schweden und Norwegen.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Christiania	1816	59°54′ N.	8°25′ O.	Hansteen	20°15′ W.
„	1818	„	„	„	20 0
„	1822	„	„	„	19 45
„	1828	„	„	„	19 45
„	1830	„	„	„	19 50
Drontheim	1825	63 26	8 3	„	19 36
Grans	1821	60 22	8 12	„	18 50
Nortsaboe	1821	60 20	6 17	„	22 12
Ullensvang	1821	60 20	4 18	„	22 51
Stockholm	1828	59 20	15 43	„	14 57
„	1830	„	„	„	14 54
„	1833	„	„	Rudberg	14 57
Upsala	1834	59 52	15 18	„	14 32
Copenhagen	1817	55 41	10 14	Wleugel	18 5
Abo	1825	60 27	19 57	Hansteen	11 20
Wasa	1825	63 4	19 18	„	12 38
Pitea	1825	65 18	19 0	„	10 6
Brahestad	1825	64 50	22 10	„	10 38
Tornea	1825	65 51	21 50	„	12 7
Uleaborg	1825	65 1	23 15	„	9 32
Vadsoe	1816	70 5	27 33	Christie	7 55
Hammerfest	1823	70 40	21 25	Forster	11 26
„	1827	„	„	Parry	10 14

Spitzbergen, Island und Grönland.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Ins. d. Observatoriums	1818	79°39′ N.	8°40′ O.	Franklin	24°31′ W.
Treurenberg	1827	79 55	14 29	Parry	18 46
Waygat	1827	79 55	15 9	„	17 49
Insel Forster	1827	79 34	16 57	„	15 40
Fair-Haven	1827	79 50	9 20	„	25 12
Insel Cherry	1810	74 45	15 30	K. d. Abweich.	15 0
Reykiawik	1836	64 8	24 16 W.	Lottin	43 14
Thingvellir	1836	64 15	23 30	„	40 8
Hekla	1836	63 58	22 3	„	45 50
Selsund	1836	63 54	22 8	„	40 49
Bai Gael-Hamkel	1822	74 0	19 0	Scoresby	42 8
Bai Forster	1822	72 40	24 20	„	45 0
Meerenge v. Scoresby	1822	70 25	24 2	„	43 24

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Insel Graah . . .	1829	65°20′ N.	41°.0′ W.	Graah	54°46′ W.
Insel Griffenfelds .	1829	63 0	43 40	„	53 30
Cap Rantzau . . .	1829	61 46	44 48	„	52 20
Christianskanal . .	1829	60 10	45 20	„	50 50
Frederichstal . . .	1829	60 0	47 19	„	50 30
Insel Hare . . .	1818	70 26	57 12	„	72 9
Insel Baffin . . .	1818	74 4	60 12	„	84 9
Insel Sabine . . .	1818	75 28	62 56	„	88 25

Deutschland und Schweiz.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Travemünde . . .	1811	53°57′ N.	8°34′ O.	Beautemps-Beaupré .	19° 6′ W.
Lübeck	1811	53 51	8 20	„ „ .	19 6
Elbmündung . . .	1812	53 56	6 40	„ „ .	20 0
Aurich	1821	52 28	5 7	Oltmanns	20 40
Berlin	1805	52 32	11 2	Bode	18 5
„	1825	„	„	Erman	17 40
„	1829	„	„	Humboldt	17 31
Bentheim	1817	52 19	4 48	Oltmanns	19 41
Bochholt	1822	51 51	4 15	„	20 58
Emden	1816	52 22	4 52	„	20 42
Kirch-Hesepe . . .	1817	52 38	4 54	„	20 18
Leipzig	1825	51 20	10 2	Schmidel	17 45
Meppen	1817	52 41	4 56	Oltmanns	20 37
Nordhorn	1817	52 26	4 42	„	19 53
Wismar	1819	53 49	9 16	„	20 35
Genf	1804	46 12	3 49	——	21 13
„	1825	„	„	Gauttier	19 30
Danzig	1811	54 21	16 18	Koch	13 48
Königsberg . . .	1828	54 43	18 10	Erman	13 17
Tangermünde . . .	1814	52 33	—	Stopel	19 0
Kremsmünster . . .	1815	51 58	5 18	Scharzeub (?) . . .	17 20
„	1816	„	„	„	17 15
„	1817	„	„	„	16 45
„	1818	„	„	„	16 40
„	1819	„	„	„	16 40
„	1820	„	„	„	16 20
„	1821	„	„	„	16 38
„	1822	„	„	„	16 30
„	1823	„	„	„	16 28
„	1824	„	„	„	16 25
Triest	1812	45 39	12 26	Rümker	17 44

Spanien und Portugal.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Madrid	1799	45°25′ N.	6° 2′ W.	Humboldt	22° 2′ W.
Cadix	1807	36 32	8 38	Givry	22 30
Corunna	1806	43 24	10 40	Bradley	20 47
Vermejo	1836	43 20	5 13	H. Thompson . . .	23 0
Lissabon	1811	38 42	11 26	Franzini	22 45

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Lissabon	1820	38°42′ N.	11°26′ W.	Owen	22°42′ W.
=	1829	=	=	G. Fisher	22 23
Alicante	1800	38 20	2 49	Atkinson	19 25
Barcelona	1798	41 23	0 10	=	18 0
Meerenge v. Gibraltar	1825	36 2	7 45	Duperrey	21 25
Algesiras	1826	36 4	7 44	D'Urville	21 22
Insel Minorca . .	1811	43 7	3 35	Strode	19 10
Insel Alboran . .	1818	35 57	5 21	Rümker	21 18

Italien und Dalmatien.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Spalatro	1819	43°40′ N.	14° 2′ O.	Smith	14°15′ W.
Ragusa	1809	42 38	15 47	Beautemps-Beaupré .	15 48
Zara	1823	44 7	12 48	Smith	14 43
Pola	1823	44 52	11 30	=	15 15
Parenzo	1819	45 14	11 15	=	16 5
Vicenza	1821	45 32	9 14	Oltmanns	20 32
Otranto	1818	40 9	16 9	Gauttier	19 0
Ins. Trinita . . .	1818	42 7	13 10	=	16 18
Ancona	1818	43 37	11 10	=	18 9
Palermo	1814	38 7	11 0	Pazzi	18 30
=	1815	=	=	Smith	18 45
Messina	1815	38 11	13 15	=	18 33
=	1829	=	=	G. Fisher	17 12
Maritimo	1818	38 1	9 44	Rümker	17 30
Lipari	1815	38 28	12 38	Smith	19 1
Ustica	1815	38 43	10 51	=	18 57
Ins. Pantellaria . .	1815	36 51	9 34	=	17 52
Aulona	1823	40 27	17 6	=	13 56
Budua	1818	42 16	16 30	=	14 56
Bonifacio	1821	41 23	6 49	Hell	17 28
Calvi	1824	42 34	6 25	=	18 26
Ajaccio	1824	41 55	6 24	=	18 45
Sagone	1824	42 6	6 21	=	19 19
Malta	1829	35 54	12 9	G. Fisher	15 15
=	1839	=	=	Caligny	15 25
Neapel	1829	40 53	11 55	G. Fisher	15 20
Vesuv (Krater) . .	1829	40 49	12 6	=	12 25
Baïa	1829	40 50	11 45	=	15 20
Syracus	1815	37 3	12 57	Smith	17 45
=	1829	=	=	G. Fisher	16 40
Catania	1829	37 30	12 45	=	16 28
Aetna-Gipfel . . .	1829	37 44	12 40	=	18 35
Livorno	1828	43 33	7 57	Rümker	19 20
Porto-Ferrajo . .	1828	42 49	8 0	=	16 29
Durazzo	1818	41 19	17 7	=	15 58

Griechenland und Türkei.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Cephalonien . . .	1815	38° 0′ N.	11°44′ O.	Smith	18°40′ W.
Korfu	1818	39 38	17 35	"	14 34
Kandia.	1823	35 25	22 50	Gauttier	12 0
Navarin	1814	36 52	19 21	Duperrey	14 32
Constantinopel . .	1820	41 2	26 34	Gauttier	10 30
Smyrna	1829	38 24	24 18	G. Fisher	10 36
Inf. Imbro . . .	1820	40 10	23 30	Gauttier	12 25
Dardanellen . . .	1820	40 9	24 4	"	12 25
Inf. Marmara . .	1820	40 40	25 20	"	11 20
Cololimno	1820	40 30	26 10	"	10 43
Donaumündung . .	1824	45 14	27 0	"	10 10
Sinope	1824	42 4	32 49	"	8 50
Trapezunt	1824	41 2	37 26	"	7 30
Tripoli in Syrien .	1820	34 26	33 31	"	9 30
Cap Matapan. . .	1839	36 21	20 5	Caligny	12 0
Tenedos	1839	39 51	23 45	"	11 36
Jassy	1828	47 10	25 15	Russ. Officiere . .	11 52
Galatz	1828	45 26	25 43	"	11 2
Roman	1828	46 55	24 35	"	11 30
Buchareſt	1829	44 26	24 15	"	11 14
Kalarasch	1829	44 11	25 0	"	11 14
Mugureni	1831	43 45	22 32	"	11 1
Kalafat.	1831	43 59	20 35	"	11 43
Krayovah	1831	44 19	21 27	"	12 48
Baba-Tagh . . .	1828	44 53	26 24	"	12 10
Kuſtenja	1828	44 10	26 22	"	11 33
Kavarnah	1830	43 26	26 3	"	10 12
Joannopolis . . .	1829	42 29	24 13	"	11 35
Lulet-Burghaz . .	1829	41 24	25 1	"	11 25
Aïdos	1829	42 42	22 28	"	11 32
Anchiolos	1829	42 33	25 2	"	11 19
Didymotichos . . .	1829	41 21	24 10	"	11 41

Aegypten und Arabien.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Suez	1800	30° 0′ N.	30° 8′ O.	—	12° 0′ W.
Alexandria . . .	1822	31 11	37 31	Smith	10 55
Medynet	1819	29 18	28 35	Cailliaud	10 0
Ez-Zabu	1820	28 22	26 44	"	12 13
Gurnah	1820	25 43	30 18	"	12 0
Sennar	1821	13 37	31 25	"	11 3
Singue.	1821	10 32	32 32	"	11 30
Akromar	1823	19 10	28 0	Rüppel	11 16
Ambucol	1823	18 4	29 15	"	10 46
Mirza	1805	19 35	35 20	—	12 24
Mocka	1820	13 19	40 59	—	9 18
Cap Aden	1811	12 50	42 40	—	8 30
"	1825	"	"	Owen	8 42
Basrah	1812	30 29	45 20	—	5 30

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Grane	1825	29°23′ N.	45°38′ O.	Haines	6° 0′ W.
Jeserah	1822	26 0	53 10	=	4 0
Manamah	1827	29 58	46 5	=	4 50
Inf. Feloudj	1824	29 27	45 56	=	5 22
Mündung (?)	1810	28 30	46 10	—	5 12
Bahrain	1818	26 13	48 23	—	5 40
=	1825	=	=	Haines	5 20
Arzenie	1823	24 27	50 7	—	4 27
Raz-Inagera	1825	17 7	52 42	Owen	2 18
Elphinstone's Inf.	1824	26 15	54 0	Haines	3 35
Cap Fartasch	1821	15 37	49 58	—	6 30
Macula	1821	14 31	46 50	—	7 42
Gebel-tor	1801	15 32	39 40	—	9 0
Inf. Hassance	1832	24 58	34 52	—	7 51
Raz-Mahomet	1832	27 43	32 2	—	9 48
Tor	1800	28 19	31 8	—	12 0
Mascat	1800	23 28	56 26	Horsburgh	5 30
Raz-el-gat	1822	22 8	57 22	Moresby	6 12

Nördliches Africa.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Alexandria	1822	31°10′ N.	27°31′ O.	Smith	10°55′ W.
Bomba	1821	32 23	20 56	=	14 55
Derna	1828	32 46	20 6	Beechey	14 30
Marza-Suza	1828	32 55	19 0	=	14 29
Bengazi	1816	32 10	17 40	Richard	16 0
=	1828	=	=	Beechey	15 0
Carcora	1816	31 30	17 35	Richard	16 0
Landzunge v. Soufre	1816	30 27	17 15	=	16 20
Landzunge Chebec	1816	31 13	14 15	=	16 30
Rusurata	1828	32 23	12 51	Beechey	17 5
Tripoli	1816	32 54	10 51	Gauttier	16 45
=	1821	=	=	Smith	16 35
=	1828	=	=	Beechey	17 8
Inf. Lampedusa	1815	35 29	10 15	Smith	17 50
Inf. Galita	1833	37 31	6 36	Berard	17 7
Bona	1832	36 54	5 26	=	17 39
Cap de Fer	1832	37 5	4 49	=	17 33
Djigelli	1832	36 50	3 25	=	18 16
Budjia	1832	36 50	2 40	=	18 24 W.
Algier	1832	36 47	0 44	=	19 25
Arzew	1833	35 52	2 37 W.	=	20 0
Oran	1831	35 44	3 0	=	20 9
Inf. Zafarines	1833	35 11	4 46	=	21 7
Inf. Alboran	1818	35 57	5 21	Rümker	21 18
Meerenge v. Gibraltar	1825	36 2	7 45	Duperrey	21 25
Ceuta	1811	35 54	7 36	———	22 30
Marocco	1804	30 32	9 30	———	20 39

Inseln im Westen von Africa.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
St.-Michel	1820	37°49′ N.	28° 3′ W.	Owen	25° 0′ W.
=	1830	=	=	H. Forster	24 31
Flores	1820	39 33	33 28	Owen	18 30
Fayal	1814	38 30	31 2	Reid	23 30
Terceira	1836	38 39	29 33	Fitz-Roy	24 18
Porto-Santo . . .	1819	33 3	18 44	Owen	23 29
Madeira	1813	32 38	19 55	Shortland	22 0
=	1821	=	=	Rümker.	23 0
Teneriffa	1817	28 28	18 33	Freycinet	21 4
=	1822	=	=	Duperrey	21 0
=	1826	=	=	D'Urville	22 37
St.-Anton S. . .	1822	16 57	27 42	Owen	15 30
St.-Anton N. . .	1822	17 11	27 35	Duperrey	15 3
Porto-Praya . . .	1822	14 54	26 0	Owen	15 0
=	1836	=	=	Fitz-Roy	16 30
Ascension	1806	7 55 S.	16 44	Bonsoë.	15 40
=	1816	=	=	Brine	15 30
=	1825	=	=	Duperrey	16 52
St.-Helena . . .	1806	15 55	8 3	Krusenstern . . .	17 18
=	1815	=	=	Roß.	17 30
=	1816	=	=	Meynell	17 30
=	1825	=	=	Duperrey	19 34
=	1836	=	=	Fitz-Roy	18 0
Tristan-d'Acunha . .	1811	37 6	14 21	Haywood	9 18
=	1813	=	=	Fitz-Maurice . . .	9 48
=	1825	=	=	James Herd . . .	10 59
Gough	1811	40 19	12 5	Haywood	10 30
=	1813	=	=	Fitz-Maurice . . .	11 51

Westliches Africa.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Cap Bajador . . .	1818	26° 7′ N.	16°50′ W.	Givry	18°30′ W.
Ouro, Fl.	1821	23 36	18 18	Owen	20 0
Angra da Cintra . .	1818	23 5	18 30	Givry	19 32
Cap Barbas . . .	1818	22 20	19 50	=	19 29
Cap Blanc. . . .	1817	20 47	19 22	=	18 24
M. des Senegal . .	1817	15 53	18 50	=	17 32
Gambia, Fl. . . .	1826	13 28	18 55	Owen	17 54
Insel Gorée . . .	1817	14 40	19 47	Givry	17 31
=	1830	=	=	Laplace.	17 0
Ins. Cayo	1818	11 51	18 40	=	17 5
Bissao	1826	11 51	17 57	Owen	18 0
Ins. Bissagos . . .	1826	11 10	18 8	=	17 24
Ins. de Los . . .	1818	9 30	16 5	Givry	17 9
=	1826	=	=	Owen	18 0
Sierra-Leone . . .	1826	8 30	15 38	=	18 48
Cap Palmas . . .	1831	4 15	10 0	Richardson	19 0
La Mina	1827	5 5	3 42	De Clerval . . .	19 45
Benin, Fl. . . .	1826	5 46	2 43 O.	Owen	19 0
Fernando-Po . . .	1826	3 45	6 25	=	22 0
Stirling	1835	7 49	4 46	W. Allen	19 51

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Rabba	1835	9°13′ N.	4° 6′ O.	W. Allen	20°36′ W.
Prinzen-Insel . . .	1816	1 41	5 7	Fitz-Maurice . . .	20 7
„ . . .	1827	„	„	De Clerval. . . .	18 56
Ins. St.-Thomas .	1816	0 27	4 25	Fitz-Maurice . . .	22 48
„ . .	1826	„	„	Owen	23 0
Ins. Annobon . .	1819	1 25 S.	3 0	——— . . .	22 30
Cap Lopez	1826	0 36	6 20	Owen	19 48
Mayumba	1826	3 23	8 15	„	21 24
Loango	1826	4 40	9 22	„	20 36
Congo, Fl. . . .	1826	6 5	9 52	„	21 42
St.-Paul-de-Loando . .	1825	8 46	10 49	„	22 0
Benguela	1825	12 34	10 54	„	22 0
Cap Negro. . . .	1825	15 47	9 26	„	23 0
Cap Frio	1825	18 23	9 37	„	23 18
Walwich	1825	22 52	12 2	„	23 0
Cap Voltas . . .	1825	28 44	14 6	„	29 0
Donkin.	1825	31 54	15 54	„	29 24
Cap d. guten Hoffnung	1825	34 22	16 8	„	28 12
Capstadt	1804	33 56	16 5	Bonsoë	25 4
„	1813	„	„	Fitz-Maurice . . .	28 0
„	1818	„	„	Freycinet	26 30
„	1825	„	„	Owen	28 12
„	1829	„	„	Bellamy	28 0
„	1836	„	„	Fitz-Roy	28 30
Simons-Town . .	1823	34 10	16 8	King	28 30
„ . . .	1828	„	„	Blosseville	28 36
Nadelcap	1824	35 0	17 30	Duperrey	29 24
Cap Seal	1825	34 5	20 57	Owen	32 0
Litakou	1824	27 6	22 15	Burchell	27 7

Oestliches Africa, Madagascar und die Inseln des indischen Oceans.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Plettenberg . . .	1825	34° 5′S.	20°57′ O.	Owen	32° 0′W.
Great-Fish . . .	1825	33 27	24 42	„	30 18
Sta.-Lucia. . . .	1825	28 26	30 2	„	27 48
Bai Delagoa . . .	1825	25 58	30 37	„	25 0
Inhamban. . . .	1825	23 52	33 0	„	23 12
Sofala	1825	20 11	32 21	„	23 0
Quillimane . . .	1825	18 1	34 36	„	21 0
Mozambique . . .	1825	14 52	38 26	„	16 54
Pamba.	1825	12 56	38 8	„	16 30
Songa-Songa . .	1825	8 32	37 10	„	15 0
Zanzibar	1825	6 10	36 49	„	11 42
Mombas	1825	4 4	37 18	„	11 0
Formosa	1825	2 33	38 10	„	11 30
Patta	1825	2 9	38 37	„	11 0
Brava	1825	1 7 N.	41 38	„	10 0
Magadoro	1825	2 2	43 0	„	9 0
Cap Guardafui . .	1825	11 41	48 52	„	4 36
Ins. Durjy . . .	1825	12 6	50 43	„	4 0
Ins. Socotora . .	1825	12 44	51 2	„	3 30
„ . . .	1835	12 39	51 46	Welsted	4 30
Zeyla	1825	11 20	40 40	Owen	8 30

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Diego-Suarez	1825	12°15′ S.	47°14′ O.	Owen	11° 0′ W.
N' Goncy	1825	15 14	48 5	=	13 0
Ins. Ste.-Marie	1825	17 0	47 29	=	14 0
Tamatave	1825	18 10	47 11	=	13 0
Manooroo	1825	19 55	46 27	=	12 0
Manambatoo	1825	24 17	45 0	=	17 0
Cap Ste.-Marie	1825	25 39	42 42	=	21 0
Bai St.-Augustin	1825	23 35	41 20	=	20 48
Murondova	1825	20 18	41 54	=	18 42
Ins. Barren	1825	18 41	41 33	=	17 48
Ins. Coffin	1825	17 29	41 22	=	18 0
Ins. Juan da Nova	1824	17 15	40 10	=	18 0
Bembatoo-ka	1825	15 43	43 55	=	15 0
Passandava	1825	13 28	45 50	=	12 30
Ins. Minoa	1825	12 49	46 14	=	12 0
Bassa da India	1825	21 29	37 15	=	21 54
Ins. Europa	1825	22 22	37 59	=	21 0
Ins. Comore	1825	12 10	42 0	=	12 30
Ins. Assomption	1824	9 46	44 8	=	12 54
Ins. Gloriosa	1825	11 35	44 59	=	13 0
Ins. Providence	1825	9 14	48 45	=	8 54
Ins. Mahé	1825	4 37	53 5	=	6 30
=	1830	=	=	Laplace	7 31
Ins. Galega	1824	10 24	54 7	Owen	11 18
Ile de Sable	1830	15 54	52 11	Laplace	11 0
Ins. Chagos (Sandy)	1816	5 17	70 20	Mayne	2 14
Gargados-Garajos	1824	16 22	57 24	Owen	9 54
Ile de France	1801	20 9	55 10	Baudin	13 15
=	1818	=	=	Freycinet	12 46
=	1824	=	=	Duperrey	13 46
=	1836	=	=	Fitz-Roy	11 18
Ins. Bourbon	1824	20 51	53 10	Duperrey	13 46
=	1827	=	=	Blosseville	14 58
Ins. Rodrigue	1813	19 41	61 0	Owen	13 0
Ins. St.-Paul	1818	38 40	75 10	King	22 30
Ins. Keeling	1836	12 5	94 35	Fitz-Roy	1 12

Persien, Hindostan, Birma und Meerenge von Malakka.

Basrah (Stadt)	1812	30°29′ N.	45°20′ O.	Owen	5°30′ W.
Basrah (Fluß)	1827	29 58	46 5	Haines	4 50
Karrack	1824	29 10	47 55	=	4 35
Buschir	1808	28 10	48 40	—	5 30
=	1810	=	=	—	4 40
Bai Jask	1829	25 48	55 25	Haines	3 20
Mascate	1816	23 30	56 20	Maude	4 22
Bai Gutter	1829	25 10	59 42	Haines	1 20
Bate-Castle	1803	22 28	67 0	—	1 24
Bombay	1823	18 56	70 34	Owen	1 0 O.
Melinde	1823	16 3	70 57	=	0 42

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Ramas.	1823	15° 5′ N.	71°25′ O.	Owen	0°42′ O.
Sacrifice	1823	11 30	72 57	=	0 12 W.
Inf. Maldiva . . .	1802	5 0	71 30	—	1 30
= . . .	1836	=	=	—	1 30
Inf. Audomnatis. .	1830	1 26	71 6	Laplace	0 15
Inf. Suadiva. . .	1824	0 51	71 0	Bougainville . . .	1 24
Karnal.	1828	29 38	74 26	Brown.	1 31 O.
Sainpoor	1813	30 23	75 16	Hodgson	0 18
Serondja	1823	24 6	75 21	Gérard.	0 57
Agra	1823	26 41	75 30	=	1 25
Mohim	1816	30 33	—	Hodgson	0 30
Sukeet	1813	27 27	77 20	=	0 42
Rhadana	1813	29 14	78 0	=	0 34
Langtokal	1823	24 45	—	Pemberton . . .	3 57
Cap Comorin. . .	1815	8 5	75 23	B. Hall	2 9
Pointe de Galle . .	1815	6 0	77 50	=	2 10
Trinkomaly . . .	1828	8 32	78 51	Blosseville	1 8
Aripo	1828	8 48	77 31	=	1 16
Jaffnapatnam. . .	1828	9 40	77 41	=	1 16
Changani	1828	9 47	77 36	=	1 16
Karikal.	1828	10 55	77 33	=	1 14
Pondichery . . .	1828	11 56	77 32	=	1 13
Madras	1809	13 4	77 57	Kempton	3 0
Coringui	1830	16 25	79 52	Laplace.	2 5
Calcutta	1827	22 34	86 0	Blosseville	2 38
=	1828	=	=	Brown.	2 41
=	1829	=	=	=	2 24
Münd. des Hugly .	1837	21 0	85 30	Karte der Comp. . .	3 0
Chandernagor . .	1827	22 51	85 58	Blosseville	2 40
Port-Owen . . .	1830	13 5	88 0	Laws	2 25
Kyouk-Phyou. . .	1830	19 29	91 9	=	2 6
Meerenge v. Tscheduba	1830	18 30	91 25	=	2 45
Inf. Tscheduba . .	1830	19 0	90 40	=	2 30
Golf v. Aracan . .	1835	20 0	90 0	=	2 30
Gr. Nicobar . . .	1824	6 46	91 31	Bougainville . . .	4 30
Inf. Diamond . .	1826	15 51	91 58	Crowford	3 0
Golf von Martaban .	1826	16 27	94 3	=	2 0
Bentink	1830	15 33	95 31	Laws	2 25
Inf. Tores . . .	1835	12 0	94 40	=	3 0
Achem	1814	5 35	94 3	B. Hall	2 25
Cap Dinding . . .	1824	4 20	98 20	Bougainville . . .	2 26
Berg Parcelar . .	1824	2 50	99 0	=	1 30
Singapore. . . .	1824	1 16	101 31	=	1 50
=	1830	=	=	Laplace.	2 0

China, Cochinchina und Japan.

Chunzal	1830	48°13′ N.	104° 7′ O.	G. Fuß	1° 6′W.
Chologur	1830	46 0	107 14	=	0 49
Durbanderatu. . .	1830	45 32	109 5	=	1 7
Ergi	1830	45 32	109 5	=	1 7

Beobachtnngs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Batchay	1830	44°21′ N.	110°35′ O.	G. Fuß	0°59′ W.
Scharabudurguna .	1830	43 13	111 46	=	0 46
Chalgan	1830	40 49	112 38	=	1 13
Peking	1831	39 54	114 6	=	1 48
Sendshi	1831	44 45	108 6	=	0 30
Olou-Obo	1831	46 21	105 42	=	0 2
Urga	1831	47 55	104 22	=	1 16 O.
Poulo-Condore . .	1805	8 40	104 20	Horsburgh . . .	1 45
Ins. Hainan . . .	1825	18 20	107 30	Bougainville . . .	1 30 W.
Tourane	1825	16 6	105 57	=	1 29 O.
=	1831	=	=	Laplace	1 30
Macao	1824	22 12	111 14	Bougainville . . .	1 37
=	1827	=	=	Beechey	1 58
=	1830	=	=	Laplace	1 30
Canton	1816	23 7	110 54	Roß	0 20
Ins. Formosa . . .	1808	21 55	118 44	Horsburgh . . .	1 0
Hue-Fou, Fl. . .	1830	16 35	105 25	Laplace	2 30
Bai Cheatow . . .	1816	37 36	119 14	B. Hall	2 16
Ins. Alceste . . .	1816	34 0	122 25	=	2 3 W.
Ins. Amherst . . .	1816	34 22	123 45	=	2 30
Meer v. Jllon . . .	1816	38 0	117 40	=	2 16
Pei-Ho	1816	38 57	115 30	=	2 16
Loo-Choo	1816	26 8	125 22	Mayne	0 53
=	1827	=	=	Beechey	0 41 O.
Nangasaki	1805	32 43	127 32	Krusenstern . . .	1 46 W.
Gotto	1805	32 34	126 24	=	0 55
Meerenge v. Sangar .	1805	41 1	142 16	=	1 22
Bai Stroganoff . .	1805	43 30	142 40	=	1 14
Cap Malaspina . .	1805	44 11	144 24	=	0 0
Bai Aniva . . .	1805	46 34	145 10	=	1 43 O.
Cap Dalrymple . .	1805	48 14	145 50	=	0 57
Bai Patience . . .	1805	49 0	145 30	=	0 30 W.
Cap Patience . . .	1805	49 0	148 24	=	0 43 O.
Ins. Nashau . . .	1805	47 56	154 58	=	3 54
Cap Notmanoff . .	1805	50 22	147 27	=	1 4
Cap des Dunes . .	1805	52 17	145 43	=	1 3
Cap Maria . . .	1805	54 4	144 34	=	0 35 W.
Port Endormo . .	1813	42 21	130 0	Ricord	0 16

Großer Archipel von Asien und Neu-Guinea.

Achen	1814	5°36′ N.	93°14′ O.	B. Hall	2 25 O.
Ins. Keeling . . .	1836	12 5 S.	94 35	Fitz-Roy	1 12 W.
Bai Toppanooly . .	1822	1 40 N.	96 35	—	1 18 O.
Ins. Anambas . .	1825	3 10	103 59	Bougainville . . .	1 7
Ins. Victory . . .	1825	1 19	104 12	=	1 12
Ins. Gaspar . . .	1825	2 6 S.	104 48	=	1 26
Batavia	1814	6 9	104 27	B. Hall	0 17
=	1828	=	=	Blosseville . . .	0 31
Nantunas	1831	4 39 N.	105 31	Laplace	1 30
Insel Turtle . . .	1825	14 20	107 0	Bougainville . . .	1 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Surabaya	1824	7°12′ S.	110°23′ O.	Duperrey	0°11′ W.
Ins. Kangelang	1825	6 48	112 40	Bougainville	0 0
Meerenge v. Alaß	1825	8 32	114 29	⸗	0 47
Ins. Peejow	1825	8 44	114 16	⸗	1 30
Str. v. Balabac	1822	7 10 N.	113 30	—	1 24 O.
Manilla	1829	18 30	118 33	Lütke	0 19
⸗	1830	⸗	⸗	Laplace	1 0
Ins. Salayer	1824	5 39 S.	118 7	Duperrey	1 3 W.
Ins. Savu	1823	10 27	119 33	⸗	2 3 O.
Ins. Wangi-Wangi	1824	5 18	121 8	⸗	0 26
Ins. Mathew	1813	5 18	121 56	—	0 30
Ins. Watthoen	1823	6 8	122 22	—	1 12
Coupang	1802	10 10	121 15	Baudin	0 22
⸗	1818	⸗	⸗	Freycinet	0 14 W.
Dilleh	1818	8 33	123 9	⸗	0 36
Bai Manado	1828	1 29 N.	122 31	D'Urville	1 6 O.
Ins. Gambi	1823	8 13 S.	123 13	Duperrey	0 52
Caïeli	1823	3 22	124 46	⸗	0 32
Amboina	1823	3 42	125 50	⸗	0 28
Ins. Pisang	1824	1 23	126 34	⸗	0 0
Ins. Syang	1823	0 18 N.	127 30	⸗	0 21
Offak	1823	0 2 S.	128 23	⸗	1 2
Rawak	1818	0 1	128 36	Freycinet	1 30
Timor-Laut	1822	8 30	128 40	—	2 40
Banda	1822	4 30	127 40	—	0 35 W.
Cap d. guten Hoffnung	1824	0 19	130 5	Duperrey	0 0
Doreri	1824	0 52	131 45	⸗	1 36 O.
⸗	1827	⸗	⸗	D'Urville	2 6
Ins. Duperrey	1827	1 55	136 37	⸗	3 30
Bai Humboldt	1827	2 39	138 23	⸗	3 30
Ins. Schouten	1823	3 37	142 26	Duperrey	5 12
Cap Rigny	1827	5 30	143 38	D'Urville	5 45
Ins. Lottin	1827	5 19	145 18	⸗	5 10

Neu-Holland und Van-Diemensland.

Bai Carening	1820	15° 6′ S.	122°40′ O.	King	0°43′ W.
Ins. Lacépède	1820	16 50	119 47	⸗	0 12
Ins. Legendre	1819	20 19	114 25	⸗	2 37
Ins. Barrow	1819	20 50	112 50	⸗	1 45
Seehundbai	1818	25 43	110 59	Freycinet	3 38
Schwanen-Fl.	1827	32 4	113 42	Stirling	4 17
Ins. Rottnest	1829	31 58	113 4	⸗	5 20
Geographenbai	1819	33 25	112 40	King	6 27
König-Georgs-Bai	1803	35 3	115 38	Baudin	6 49
⸗ ⸗	1826	⸗	⸗	D'Urville	5 35
⸗ ⸗	1836	⸗	⸗	Fitz-Roy	5 36
Bai Lucky	1802	34 0	119 54	Flinders	3 6
Bai Fowler	1802	32 1	130 7	⸗	0 25
Ins. Francis	1818	32 35	130 55	King	0 0
Ins. Flinders	1802	33 41	132 7	Flinders	0 44 O.
Port-Lincoln	1818	34 48	133 24	King	3 57

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Känguruh-Insel . .	1818	35°33′ S.	135°20′ O.	King	3°20′ O.
Bai v. Rivoli . . .	1818	37 30	137 44	„	4 8
Cap Bridgewater . . .	1819	38 21	139 0	„	4 38
Ins. King	1820	39 36	141 34	„	5 48
Port-Western . . .	1826	38 28	142 56	D'Urville	7 54
Port-Macquarie . . .	1809	42 12	143 0	Evans	9 0
„ „ . . .	1819	„	„	King	8 30
Port-Dalrymple . . .	1804	41 3	144 32	Flinders	8 30
Hobart-Town	1802	42 53	145 7	Baudin	9 18
„	1819	„	„	King	9 10
„	1828	„	„	D'Urville	12 35
„	1836	„	„	Fitz-Roy	11 6
Bai Jervis	1826	35 8	135 8	D'Urville	9 38
Sydney	1803	33 52	148 50	Flinders	8 51
„	1817	„	„	King	8 42
„	1819	„	„	Freycinet	9 15
„	1820	„	„	Bellingshausen . . .	8 3
„	1820	„	„	Lazareff	8 28
„	1824	„	„	Duperrey	8 56
„	1825	„	„	Bougainville	8 3
„	1826	„	„	D'Urville	9 17
„	1836	„	„	Fitz-Roy	10 24
Paramata	1823	33 49	148 35	Rümker	8 42
Bathurst	1817	33 27	147 8	Oxley	8 40
„	1820	„	„	„	8 39
Port-Stephens . . .	1819	32 47	149 52	King	10 0
Orte im Innern der Colonie	1817	33 40	146 0	Oxley	7 47
	1817	33 16	144 56	„	7 0
	1817	34 8	143 43	„	7 18
	1817	33 22	143 4	„	7 30
	1817	33 53	142 14	„	7 25
	1817	32 44	145 26	„	7 18
	1818	31 18	145 11	„	7 48
	1818	31 14	146 0	„	8 14
	1818	30 57	147 0	„	8 42
	1818	31 0	149 6	„	8 51
	1818	31 38	150 28	„	9 33
Macquarie	1818	31 24	150 31	„	10 5
Port-Bowen . . .	1819	22 29	148 25	King	9 5
Ins. Cumberland . .	1819	20 46	147 14	„	6 17
Bai Repulse . . .	1819	20 37	146 30	„	6 15
Ins. Fitz-Roy . . .	1819	16 55	143 36	„	5 14
Endeavour, Fl. . .	1819	15 27	142 50	„	5 14
Endeavour, Kan. . .	1819	10 46	139 48	„	5 38
Ins. Marsden . . .	1836	9 44	140 52	Ch. Eaton	4 0
Fl. Sir Ch. Hardy .	1831	11 56	141 27	Richardson	5 30
Ins. Flinders . . .	1819	14 8	141 50	King	5 20
Ins. Wellesley . .	1803	17 8	137 23	Flinders	4 7
Ins. Goulburn . .	1818	11 38	136 0	King	2 0
Port-Cockburn . .	1819	11 24	128 8	„	1 0
Port-Warrender . .	1819	14 35	123 40	„	1 17
C. Londonderry . .	1819	14 45	124 55	„	0 0

Neu-Seeland.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Cap Otou	1827	34°24′ S.	170°41′ O.	D'Urville	12°40′ O.
Bai Oudou-Oudou .	1827	35 0	171 7	=	12 0
Inselbai	1824	35 15	171 51	Duperrey	13 22
=	1827	=	=	D'Urville	13 8
=	1835	=	=	Fitz-Roy	14 0
=	1838	=	=	Cécille	13 30
Schoukiango . . .	1825	35 31	171 12	J. Herd	13 23
Shouraki	1827	37 2	173 1	D'Urville	14 30
Fl. Thames . . .	1825	37 6	173 5	J. Herd	12 38
Cap Wareka-Heka. .	1827	37 38	176 10	D'Urville	13 14
Tera-Kako	1827	39 7	175 47	=	15 20
Cap Borell . . .	1820	39 24	171 37	Bellingshausen . .	13 1
Cap Topolo-Solo .	1827	40 31	174 22	D'Urville	14 10
Ins. Hummook . .	1837	40 52	172 37	Johnson	11 33
Tasman's-Bai. . .	1827	40 58	170 45	D'Urville	14 25
Cap Foulwind . .	1827	41 46	169 9	=	14 30
Ins. Cloudy . . .	1837	41 21	171 50	Read	17 0
Port Akaroa . . .	1838	43 49	170 48	Cécille	16 10
Tokolabo	1838	43 31	170 50	=	16 0
Port-Otago . . .	1825	45 46	168 17	J. Herd	17 5
Ins. Stewart . . .	1825	47 11	165 7	=	17 4
Ins. Chatam . . .	1838	43 48	179 14	Cécille	13 0

Nördliches Polynesien.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Ins. Parry . . .	1827	27°43′ N.	139°48′ O.	Beechey.	2°37′ O.
Port Lloyd. . . .	1827	27 5	139 54	=	1 9

a) Marianen-Inseln.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Ins. Assumpcion . .	1827	19°41′ N.	143° 8′ O.	Beechey.	5°42′ O
Ins. Mangs	1827	19 57	143 0	=	5 42
Ins. Guguan	1819	17 35	143 34	Freycinet	3 50
Farallon de Medinilla	1819	15 59	143 42	=	3 58
Ins. Saypan	1819	15 20	143 30	=	4 11
Ins. Rota	1819	14 11	142 56	=	4 15
Ins. Guaham	1819	13 28	142 27	=	4 39

b) Carolinen-Inseln.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Ins. Pelew . . .	1828	7°10′ N.	131 53 O.	D'Urville	2° 4′ O.
Ins. Gouap . . .	1828	9 33	135 49	=	1 10
Ins. Oulutthy. . .	1828	10 0	137 25	Lütke	2 0
Ins. Feys	1828	9 46	138 15	=	1 30
Ins. Eourypyg . .	1828	6 40	140 52	=	3 42
Ins. Oulea . . .	1828	7 22	141 37	=	3 7

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Inf. Iselouk . . .	1828	7°15′ N.	142°11′ O.	Lütke	2°34′ O.
Inf. Farrailep . .	1828	8 35	142 17	=	2 48
Inf. Olimarao . .	1828	7 43	143 40	=	2 0
Inf. Namourek . .	1828	7 30	144 10	=	3 0
Inf. Fayeou, westl. .	1828	8 3	144 30	=	3 55
Inf. Tamatam . .	1824	7 32	147 10	Duperrey	2 3
Inf. Hogoleu . . .	1824	7 14	149 19	=	4 48
Inf. Fayeou, östl. .	1828	8 33	149 6	Lütke	5 34
Inf. Lougounor . .	1828	5 30	151 30	=	6 30
Inf. Los Valientes .	1828	5 46	154 45	=	7 0
Inf. Ngaryk . . .	1828	5 47	155 9	=	7 30
Inf. Seniavine . .	1828	7 0	155 55	=	7 7
Inf. Duperrey . .	1824	6 40	157 29	Duperrey	6 18
Inf. Mac-Askill . .	1824	6 14	158 27	=	6 18
Inf. Brown . . .	1828	11 30	159 40	Lütke	8 6
Inf. Oualan . . .	1824	5 21	160 41	Duperrey	9 20
=	1828	=	=	Lütke	8 51
Inf. Eschscholtz . .	1825	11 30	163 10	Kotzebue	10 52
Inf. Piscadores . .	1825	11 15	164 40	=	11 0
Inf. Legiep . . .	1817	9 51	166 54	=	
Inf. Button . . .	1817	11 20	167 31	=	11 18
Inf. Ailu . . .	1817	10 15	167 40	=	11 15
=	1824	=	=	=	10 54
Inf. Otdia . . .	1817	9 28	167 57	=	11 38
Inf. Kawen . . .	1817	8 54	168 33	=	11 30
Inf. Bonham . . .	1824	6 16	167 10	Duperrey	9 25
Mulgrave's Inf. . .	1824	6 7	169 36	=	9 23
Inf. Charlotte . .	1824	1 54	170 27	=	10 15
Inf. Hall	1824	0 49	171 41	=	8 40
Inf. Henderville . .	1824	0 10	171 16	=	8 0
Inf. Sydenham . .	1824	0 36 S.	171 58	=	7 45
Inf. Drummond . .	1824	1 33	172 48	=	7 45

c) Sandwich-Inseln.

Bai Kayakakoua . .	1819	19°37′ N.	158°25′ W.	Freycinet	9°50′ O.
Bai Karakakoa . .	1824	19 26	158 20	Lord Byron	10 14
Bai Byron . . .	1824	19 44	157 26	=	8 51
Inf. Mowi . . .	1819	20 52	159 2	Freycinet	8 49
Inf. Wahou . . .	1816	21 19	160 12	Kotzebue	10 57
=	1819	=	=	Freycinet	10 24
=	1824	=	=	Lord Byron . . .	9 52
=	1827	=	=	Beechey	10 26

Südliches Polynesien.

Admiralitäts-Inseln .	1819	1°40′ S.	144°20′ O.	Freycinet	5°32′ O.
Inf. Gracieuse . .	1827	6 9	146 40	D'Urville	6 45
Sandwich-Inf. . .	1823	3 3	148 28	Duperrey	5 0
Inf. Amacata . . .	1823	4 7	150 4	=	5 30
Port-Praslin . . .	1823	4 50	150 28	=	6 48

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Hafen Carteret . .	1827	4°42′ S.	150°20′ O.	D'Urville	6°40′ O.
Inf. Laughlan . .	1827	9 18	151 7	„	6 0
Inf. Bouka . . .	1823	5 0	152 14	Duperrey	7 20
Neu-Caledonien . .	1803	22 0	163 35	Kent	11 0
Inf. Beaupré . . .	1827	20 20	163 44	D'Urville	10 30
Inf. Vanikoro . .	1828	11 40	164 32	„	10 21
Inf. Chabrol . . .	1827	20 40	164 40	„	9 45
Inf. Tikopia . . .	1828	12 19	166 28	„	10 30
Inf. Fataka . . .	1828	11 55	167 48	„	9 15
Fl. Mathew . . .	1828	22 22	168 53	„	13 6
Inf. St.-Augustin .	1824	5 41	173 50	Duperrey	9 13
Inf. Rotouma . .	1824	12 32	174 51	„	10 47
Inf. Viti-Levou . .	1827	18 7	174 51	D'Urville	10 30
Inf. Nederlandaise .	1825	7 13	175 13	Koersen	7 0
Inf. Monasa . . .	1827	18 30	177 28	D'Urville	11 15
Inf. Curtis . . .	1827	30 33	179 3	„	12 0
Inf. Pylstaart . .	1819	22 25	178 24 W.	Freycinet	10 35
Inf. Tougatabou. .	1827	21 8	177 33	D'Urville	10 37
Inf. Evoa	1823	21 26	177 14	Duperrey	10 12
Inf. Vavao . . .	1820	18 41	176 21	Bellingshausen . .	12 40
Inf. Sauvage. . .	1823	19 5	172 10	Duperrey	10 19
Inf. Pola	1824	14 0	174 20	Kotzebue	6 58
Inf. Fatoui . . .	1824	14 20	172 10	„	6 5
Inf. Rose	1824	14 33	170 17	„	6 0
Inf. du Danger . .	1820	10 54	168 8	Bellingshausen . .	9 24
Inf. Peurhin . . .	1816	9 1	159 54	Kotzebue	8 28

Gesellschafts- und Pomotu Inseln.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Inf. Bellingshausen .	1824	15°48′ S.	156°50′ W.	Kotzebue	6° 0′ O.
Inf. Maupiti . . .	1823	16 26	154 32	Duperrey	7 10
Inf. Borabora . .	1823	16 30	154 6	„	6 21
Inf. Taïti	1794	17 29	151 49	Vancouver	6 12
„	1823	„	„	Duperrey	6 40
„	1824	„	„	Kotzebue	6 50
„	1826	„	„	Beechey	7 33
„	1831	„	„	Irland	7 30
„	1835	„	„	Fitz-Roy	7 34
„	1837	„	„	Bruce	7 10
Inf. Krusenstern . .	1816	15 0	150 34	Kotzebue	5 37
Inf. Bliegen . . .	1830	14 40	150 0	Erman	6 10
Inf. Rurik . . .	1816	15 30	148 58	Kotzebue	6 16
Inf. Palliser . . .	1820	15 50	148 50	Bellingshausen . .	6 48
Inf. Kotzebue . . .	1824	15 27	147 51	Kotzebue	5 37
Niedrige Inseln . .	1820	27 38	146 35	Bellingshausen . .	5 21
„	1838	27 55	145 35	Cécille	8 0
Inf. Romanzoff . .	1816	14 57	146 48	Kotzebue	5 36
Inf. Moller . . .	1823	17 43	143 2	Duperrey	6 32
Inf. Predpriatie . .	1824	15 58	142 26	Kotzebue	5 0
Inf. des Lanciers . .	1825	18 30	141 28	Beechey	7 3
Inf. Honden . . .	1816	14 50	141 8	Kotzebue	5 8

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Ins. Narcisse . . .	1823	17°21′ S.	140°50′ W.	Duperrey	5°22′ O.
Ins. Clermont-Tonnerre	1823	18 28	138 46	=	4 51
Ins. Gambier . . .	1826	23 8	137 15	Beechey	7 8
Ins. Noukahiva . .	1804	8 54	142 0	Krusenstern . . .	4 36
Ins. Motaneh . . .	1804	10 0	140 50	=	5 52
Ins. Pitcairn . . .	1825	25 4	132 30	Beechey	6 0
Ins. Ducis . . .	1825	24 40	127 6	=	7 54
Osterinsel	1804	27 9	111 45	Krusenstern . . .	6 12
Salaz y Gomez . .	1825	26 28	107 40	Beechey	8 14
Gallapagos-Inseln.					
Ins. Abingdon . .	1821	0°32′ N.	92°51′ W.	B. Hall	8°20′ O.
Ins. Albemarle . .	1835	0 16 S.	93 47	Fitz-Roy	9 30
Ins. Chatam . . .	1835	0 50	91 57	=	9 30
—					
Juan-Fernandez . .	1830	33 38	81 13	=	17 13
Russisches America und aleutische Inseln.					
Spitze Beechey . . .	1826	70°26′ N.	151°12′ W.	Franklin	41°20′ O.
—	1837	70 43	154 34	Simpson	43 0
—	1837	71 3	156 46	=	42 0
Spitze Barrow . .	1827	71 23	158 42	Beechey	41 0
Auf dem Eise . . .	1827	=	=	=	42 15
Eiscap	1827	70 20	164 0	=	32 49
Station vom See . .	1827	69 34	165 27	=	34 42
Cap Krusenstern . .	1826	67 11	165 57	=	30 12
Holham's Einfahrt .	1826	67 0	165 10	=	29 53
Cap Blossom . . .	1826	66 45	164 44	=	30 42
B. de Bonne-Espér. .	1826	66 3	166 50	=	29 28
Bai Eschscholtz N. W.	1826	66 25	164 5	=	29 49
Spitze Garnet . .	1826	66 16	164 10	=	28 41
Bai Eschscholtz S. .	1826	66 17	163 40	=	31 2
Bai Spafarieff . .	1826	66 0	164 0	=	32 41
Cap Espenberg . .	1826	66 34	165 56	=	30 12
Cap Deceit	1826	66 6	165 0	=	30 18
Ins. Chamisso . .	1826	66 13	164 6	=	30 48
Port Clarence . .	1827	65 16	169 8	=	26 55
Bai Norton . . .	1827	63 28	164 12	Lütke	30 30
Ins. St.-Mathieu .	1827	60 38	175 1	=	19 1
Ins. Amak	1827	55 25	166 22	=	21 15
Port Wrangel . . .	1827	56 59	160 17	=	24 0
Cap Noir	1827	58 43	164 25	=	25 10
Cap Suworoff . .	1827	58 42	159 20	=	26 15
Sitka	1804	57 3	137 50	Lisiansky	26 45
=	1824	=	=	Kotzebue	27 30
=	1829	=	=	Erman	28 19

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort		Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
		Breite	Länge		
Unalaschka. . . .	1817	53°52′ N.	168°45′ W.	Kotzebue	19°24′ O.
=	1827	=	=	Lütke	19 54
Inf. Atkha . . .	1830	52 17	176 32	Etoline.	16 21
Amtschitka	1830	51 27	183 0	=	14 5

Englisches America.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Inf. Carys . . .	1818	76°28′ N.	75°40′ W.	J. Roß.	102° 0′ W.
Cap Clarence . . .	1818	76 32	79 24	=	107 56
Straße v. Lancaster .	1818	74 3	83 48	=	114 0
Elisabeth-Position .	1829	74 1	79 20	=	114 0
Scheffiff-Bai . . .	1831	70 1	94 0	=	96 12
Victory-Bai . . .	1831	70 9	93 50	=	101 32
—	1831	69 35	97 0	=	57 15
Auf dem Eise . . .	1819	63 58	64 10	Parry	61 11
= . . .	1819	70 29	61 32	=	74 39
= . . .	1819	73 5	62 31	=	82 3
Bai Possession . .	1819	73 31	79 42	=	108 47
Barrow-Straße . .	1819	74 25	82 28	=	106 58
Cap Riley	1819	74 40	94 7	=	128 58
Inf. Byam-Martim .	1819	75 9	106 4	=	165 50 O.
J. Melville . . .	1819	74 58	109 23	=	151 30
Heklabai	1820	74 47	112 54	=	126 17
Winter-Hafen . . .	1820	74 47	113 9	=	127 48
Cap Providence . .	1820	74 25	115 1	=	111 19
= . .	1820	74 26	116 8	=	106 7
—	1820	71 16	73 38	=	91 28 W.
Fl. Clyde	1820	70 22	70 57	=	80 59
Cap Hatton . . .	1821	61 13	67 20	=	52 50
Upper-Savage, J. .	1821	62 31	72 17	=	52 37
Auf dem Eise . . .	1821	63 45	76 24	=	54 52
= . . .	1821	65 8	81 55	=	52 12
= . . .	1821	65 31	85 40	=	53 49
Inf. Southampton .	1821	65 28	87 0	=	50 18
Herzog-York-Bai . .	1821	65 27	87 35	=	47 34
Bai Repulse . . .	1821	66 31	88 50	=	48 33
Ducket Cove . . .	1821	66 12	87 4	=	52 20
Safely Cove . . .	1821	66 32	86 9	=	54 56
Cap Gore	1821	66 24	87 0	=	56 20
Auf dem Lande . .	1822	67 11	83 44	=	70 28
Inf. Winter . . .	1822	66 11	85 14	=	57 24
Igloolik	1823	69 21	83 57	=	83 1
Cap Warrender . .	1824	74 28	84 11	=	104 48
Auf dem Eise . . .	1824	72 55	94 39	=	129 25
Prinz-Regent-Str. .	1825	72 17	91 16	=	100 4
Auf dem Eise . . .	1825	72 45	91 46	=	122 27
Cap Sommerset . .	1825	73 6	93 40	=	128 28
Die Furie	1825	72 46	94 10	=	129 25
Port-Bowen . . .	1825	73 14	91 15	=	123 22
York, Factorei . .	1807	57 0	94 46	Fiddler	4 55 O.
=	1819	=	=	Franklin	6 21

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Hill, Fl.	1819	55°27′ N.	96°17′ W.	Franklin	8°30′ O.
Magnet. Inf. . . .	1819	54 59	97 20	=	11 50
Hill's Gates . . .	1819	54 29	98 37	=	13 20
Norway	1819	53 42	100 21	=	14 26
Saskatschawan . .	1819	53 27	103 4	=	15 20
Cumberland . . .	1819	53 57	104 37	=	17 18
= . . .	1825	=	=	=	19 14
Carlton	1820	52 51	108 33	=	20 45
Grüner See . . .	1820	54 16	109 50	=	22 7
Fort La Crosse . .	1820	55 27	110 13	=	22 16
=	1825	=	=	=	23 19
Methye-See . . .	1820	56 24	111 43	=	22 50
Elk, Fl.	1820	56 40	113 28	=	24 18
F. Chepewyan . .	1820	58 43	113 38	=	22 49
=	1825	=	=	=	25 30
English, Fl. . . .	1820	55 40	108 16	=	20 17
Methyr.	1820	56 43	112 12	=	25 2
=	1825	=	=	=	27 54
F. Resolution . . .	1820	61 10	116 5	=	25 41
=	1826	=	=	=	29 15
F. Providence . . .	1820	62 17	116 29	=	33 36
Fishing Lake . . .	1820	63 14	116 47	=	33 4
F. Enterprise . . .	1820	64 28	115 26	=	36 27
F. Franklin . . .	1821	65 12	115 32	=	39 10
=	1826	=	=	=	39 14
Kupfer-Mine . . .	1821	65 43	116 47	=	42 17
=	1821	67 23	118 27	=	49 46
=	1821	67 48	117 59	=	46 25
=	1826	=	=	=	48 0
Port Epworth . . .	1821	67 42	114 50	=	47 38
Detention, Hafen .	1821	67 54	113 1	=	40 49
Bathurst	1821	67 40	111 0	=	41 10
Cap Turnagain . .	1821	68 19	112 25	=	44 16
Huronensee . . .	1825	44 49	82 21	=	0 56
Missassaga	1825	46 10	84 59	=	0 16
Ste.-Marie	1825	46 31	86 44	=	2 33
F. William	1816	48 24	91 36	Beechey	5 30
=	1825	=	=	Franklin	7 17
F. Bainy	1823	48 36	94 48	Long's Exped. . . .	8 15
=	1825	=	=	Franklin	10 50
F. Alexandre . . .	1825	50 37	98 41	=	15 16
Dog's Head . . .	1825	51 37	99 6	=	14 46
Long. Point . . .	1825	53 1	100 54	=	19 52
Mackenzie, Fl. . .	1826	61 0	119 8	=	33 13
F. Norman . . .	1826	64 41	127 5	=	39 58
F. Simpson . . .	1826	62 4	125 51	=	37 42
F. Good-Hope . . .	1826	67 28	133 12	=	47 29
Inf. Garry . . .	1826	69 29	138 0	=	51 42
B. Vicar	1826	65 1	122 33	=	42 28
Spitze Leith . . .	1826	65 47	121 34	=	44 54
—	1826	65 26	133 3	=	40 48
—	1826	66 15	130 51	=	39 54

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Spitze Leith . . .	1826	67°27′ N.	135°51′ W.	Franklin	45°37′ O.
—	1826	69 1	139 45	„	46 41
—	1826	69 19	140 30	„	46 16
Small, Fl. . . .	1826	69 36	142 32	„	45 6
Bai Clarence . . .	1826	69 38	143 11	„	45 43
Inf. Bartu . . .	1826	70 5	146 15	„	45 36
Inf. Flarman . . .	1826	70 11	148 10	„	42 56
Inf. Foggy . . .	1826	70 16	149 58	„	43 15
Spitze Beechey . . .	1826	70 26	151 12	„	41 20
—	1837	70 43	154 34	Simpson	43 0
—	1837	71 3	156 46	„	42 0
Bai Utchinson . . .	1826	69 43	134 18	Franklin	50 50
Cap Parry . . .	1826	69 58	126 20	„	55 47
Inf. Barrow . . .	1826	69 49	125 53	„	56 33
Inf. Clapperton . . .	1826	69 42	125 37	„	54 0
Cap Lyon	1826	69 17	121 48	„	51 28
Kupfer-Minen-Fl.	1826	67 47	117 57	„	48 0
See Wollaston . .	1807	58 0	105 0	Fiddler	18 2
Churchill, F. . . .	1807	58 50	95 30	„	5 39
Prince of Wales, F. .	1813	58 47	96 34	—	6 0
Gelée-Blanche, Fl. .	1833	62 50	112 8	Back	36 52
See Walinsley . .	1833	63 24	110 29	„	36 0
Fort Reliance . . .	1833	62 46	111 22	„	35 19
Thlew-ec-Choh . .	1834	67 8	97 0	„	8 30 W.
Spitze Beaufort . .	1834	67 41	97 23	„	6 0
Inf. Montreal . .	1834	67 47	97 39	„	2 0
Spitze Ogle . . .	1834	68 14	97 18	„	0 3 O.
F. Albany	1810	52 22	84 58	Abweichungs-Karte .	8 0 W.
Port Manvers . . .	1808	57 0	64 15	Manby	40 0

St.-Lorenz-Meerbusen.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Quebec.	1810	46°49′ N.	73°36′ W.	Abweichungs-K. . .	11° 0′ W.
„	1814	„	„	Kent	11 50
„	1831	„	„	Bayfield	13 38
Inf. Coudres . . .	1831	47 25	72 31	„	15 30
Inf. Grow	1831	47 35	72 16	„	16 15
Saguerray, Fl. . .	1831	48 9	72 6	„	17 35
Brendy-Pots . . .	1831	47 52	72 4	„	17 15
Port-Neuf	1831	48 37	71 29	„	17 15
Inf. Bic	1831	48 25	71 11	„	17 16
Hafen St.-Nicolas .	1831	49 18	70 10	„	19 44
Inf. Carousel . . .	1831	50 5	68 47	„	23 55
Hafen Mingan . .	1831	50 17	66 45	„	25 30
Gaspee.	1831	48 15	66 32	„	21 16
Cap Chat	1831	49 6	68 0	„	21 0
Inf. Anticosti W. .	1831	49 52	66 55	„	24 22
Inf. Anticosti O. .	1831	49 8	64 20	„	24 32
Clear Water . . .	1831	50 13	65 50	„	27 28
Nabesippe, Fl. . .	1832	50 14	64 36	„	28 8
Bai Kegaschka. . .	1832	50 11	63 39	„	28 34

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Inſ. Byron	1835	47°48′ N.	63°40′ W.	Bayfield	23°39′ W.
Hafen Amherſt . .	1833	47 14	64 0	=	22 36
Inſ. St.-Paul . .	1836	47 10	62 25	=	24 0
Inſ. Breton, Cap. N.	1831	47 2	62 47	=	23 0
Cap Ray	1836	47 53	61 46	=	25 0
Cap Whittle . . .	1832	50 11	62 29	=	29 9
Inſ. Dyke	1833	50 44	61 20	=	32 45
Inſ. Lyon	1834	51 24	60 0	=	33 0
Bai Forteau . . .	1834	51 28	59 19	=	33 20
Red-Bay	1833	51 44	58 48	=	34 30
Inſ. Henley . . .	1833	52 0	59 13	=	36 0
Cap St.-Louis . .	1833	52 21	57 40	=	37 30
Straße v. Belle-Iſle .	1833	51 24	58 56	=	33 38
Bai Blanche . . .	1816	50 15	58 30	Cartes du Dépôt . .	29 0
J. St.-Pierre u. Miq.	1818	46 47	58 27	Du Petit-Thouars .	25 45
C. Chapeau Rouge .	1831	46 51	57 49	Bayfield	28 34
Bank v. Neu-Fundland	1816	44 20	52 30	Cartes du Dépôt . .	26 0

Vereinigte Staaten von Nord-America.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Brandon	1808	48°40′ N.	101°40′ W.	Fiddler	12°12′ O.
Wald-See	1823	49 0	96 20	Long's Exped.. . .	11 1
See Rainy . . .	1823	48 35	94 50	=	8 15
=	1825	=	=	Franklin	10 50
Meadow, Fl. . . .	1825	48 57	92 21	=	5 58
F. William . . .	1816	48 24	91 36	Beechey. . . .	5 30
=	1825	=	=	Franklin	7 17
Oberer-See . . .	1823	47 58	92 20	Long's Exped.. . .	6 21
F. Colum	1823	45 39	98 54	=	12 29
St.-Peters	1823	44 41	99 20	=	12 21
St.-Peters, Fl. . .	1823	44 53	95 28	=	10 29
Port Crawford . .	1823	43 3	93 12	=	8 49
Enginer	1819	41 25	98 4	=	12 59
Inſ. Cow	1819	39 25	96 20	=	11 32
Franklin	1819	38 57	95 17	=	11 42
Chicago	1823	42 0	90 0	=	6 12
Fort Niagara . . .	1817	43 30	81 15	Fitz-Owen	1 27
Fort Erie	1817	42 54	81 19	=	1 42
Penobscot	1825	45 30	71 5	Herrick	14 45 W.
Cap Sable . . .	1828	43 20	67 50	Cartes du Dépôt . .	12 0
Albany	1817	42 39	76 5	Winthrope. . . .	5 44
=	1818	=	=	=	5 45
=	1825	=	=	Witt	6 0
Boſton	1810	42 21	73 24	K. der Abweich. . .	5 22
Falmouth	1800	41 33	72 55	Winthrope. . . .	6 7
Cap Cod	1811	42 5	72 24	Blunt	9 55
Montreal	1814	45 31	75 55	—	7 45
New-York	1825	40 42	76 21	Franklin	1 31
Philadelphia	1802	39 57	77 30	Howel	1 30
=	1804	=	=	=	2 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Philadelphia . . .	1813	39°37′ N.	77°30′ W.	Withney	2°27′ W.
Montpellier . . .	1829	44 17	74 56	Blunt	12 25
West-Chester . . .	1832	39 57	78 1	Bache	3 25
Chesterfield. . . .	1825	42 53	74 40	Wisden.	6 35
Burlington . . .	1822	44 28	75 3	Johnson	7 42
Hart-Ford	1824	41 46	75 0	Goodwin	5 45
New-Haven . . .	1828	41 18	75 18	„	5 17
Florence	1818	34 50	90 7	Weakly.	6 35 O.
Nashville	1829	36 10	89 9	Hamilton	6 50
Savannah. . . .	1817	32 4	83 0	Cartes du Dépôt . .	4 0
See Big	1807	32 15	93 30	Fiddler	8 0
Bai Mobile . . .	1814	30 13	90 41	Kent	6 30
Bai des Mississippi .	1817	28 27	92 20	Blunt	8 55
Kanal v. Bahama .	1817	27 17	81 50	„	5 26
Florida-Riffe . . .	1818	24 15	85 0	Livingston	6 33
Bermuda-Inseln . .	1808	32 22	67 13	Downie	2 45 W.

Mexico, Guatemala und Antillen.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
San Francisco . .	1824	37°48′ N.	124°45′ W.	Kotzebue	16° 0′ W.
„	1827	„	„	Beechey.	15 27
„	1829	„	„	Erman	15 6
Monterey	1827	36 36	124 13	Beechey.	15 38
Mazatlan	1828	23 11	108 43	„	9 48
Ins. Isabella . . .	1828	21 51	108 12	„	10 22
San Blas. . . .	1822	21 32	107 35	B. Hall	8 40
„	1828	„	„	Beechey.	11 6
Tampico	1816	22 15	100 10	Livingston	8 30
„	1833	„	„	Petter	8 15
Guanaxuato . . .	1804	21 0	103 15	Humboldt	8 48
Mexico.	1803	19 26	101 25	„	8 8
Veracruz	1815	19 12	98 29	Mahony	10 37
„	1819	„	„	Wise	9 16
Acapulco	1822	16 50	102 11	B. Hall	8 40
„	1828	„	„	Beechey.	9 7
Honduras	1816	16 18	89 7	Livingston	8 0
Port San Carlos .	1829	13 22	90 6	Villeneuve. . . .	10 25
Chagres	1816	9 19	82 18	Livingston	6 30 O.
„	1829	„	„	Lloyd	6 22
„	1832	„	„	Foster	6 28
Panama	1802	8 58	81 41	Span. Karten. . .	8 0
„	1822	„	„	B. Hall	7 0
Cartagena	1801	10 25	77 50	Humboldt	7 2
„	1813	„	„	Ovington	6 32
Mompox	1801	9 14	76 48	Humboldt	7 32
Cap Vela	1816	12 11	74 36	Livingston	6 20
Marmato	1829	5 29	77 45	Boussingault . . .	6 39
Santa-Fé de Bogota.	1801	4 36	76 35	Humboldt	7 35
Quito	1802	0 14 S.	81 5	„	9 24
Guayaquil. . . .	1822	2 12	82 18	B. Hall	9 5
Curaçao	1814	12 2 N.	71 9	Forley	4 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Curaçao	1818	12° 2′N.	71° 9′W.	Bentley	3° 1′ O.
=	1820	=	=	Givry	5 30
Coro	1800	10 16	70 15	Humboldt	4 49
Calabozo	1800	8 56	70 11	=	4 54
Caracas	1800	10 31	69 25	=	4 39
La Guayra	1800	10 37	69 27	=	4 21
=	1814	=	=	Forley	4 53
=	1820	=	=	Givry	4 10
Cumana	1800	10 28	66 30	Humboldt	4 13
=	1820	=	=	Givry	3 10
Carisse	1800	10 10	66 14	Humboldt	3 15
Kanal v. Bahama	1817	27 17	81 50	Blunt	5 26
=	1820	26 15	81 45	Givry	4 54
Ins. Providence	1818	25 5	78 39	Livingston	5 30
Jamaica	1819	17 55	78 29	de Mackau	4 50
=	1821	=	79 13	de Mayne	4 50
=	1822	=	=	Owen	4 54
=	1832	=	78 29	Foster	5 13
Cuba, Havana	1816	23 9	84 43	Bentley	5 30
= Principe	1832	21 20	80 17	Lavallée	5 40
St.-Domingo.					
Cap Tiburon	1819	18 24	76 34	de Mackau	4 46
Le Mole	1820	19 52	75 42	Givry	5 23
Ins. Wathing	1818	23 59	76 51	Livingston	4 40
Ins. Crooked	1818	22 7	76 37	=	4 27
=	1832	=	=	Foster	5 13
Gr. Cayman	1815	19 12	83 46	Bentley	6 45
=	1820	=	=	Givry	5 47
Gr. Inague	1819	21 6	75 3	de Mackau	4 8
Caicos	1819	21 54	74 50	=	3 50
Mariguana	1819	22 27	74 39	=	3 33
Nativité	1817	19 40	71 30	Blunt	2 2
Ins. St.-Thomas	1816	18 20	67 20	Henderson	2 24
Ins. Ste-Croix	1817	17 45	67 9	Thomson	2 50
Ins. Antigua	1810	17 4	64 15	Abweichungs-Karte	2 30
Ins. Dominica	1819	15 18	63 53	—	2 40
=	1826	=	=	Jahrtmann	1 15
Guadeloupe	1809	15 59	64 5	—	4 55
Martinique.					
Fort-Royal	1820	14 35	63 28	Givry	3 4
=	1824	=	=	Monnier	2 47
Barbados	1808	13 5	61 57	—	2 53
Ins. Trinidad	1822	10 39	63 52	Owen	4 0

Peru, Bolivia und Chili.

Payta	1821	5° 6′S.	83°32′W.	B. Hall	9° 0′ O.
=	1823	=	=	Duperrey	8 56
Spitze v. Aguja	1823	6 0	83 33	=	10 19
Ins. Lobos	1835	6 57	83 5	Fitz-Roy	9 5

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Samanco	1835	9°15′ S.	80°54′ W.	Fitz-Roy	9° 5′ O.
Guarmey	1835	10 6	80 35	=	9 5
Supé	1835	10 49	80 8	=	9 8
Guacho	1821	11 7	80 2	B. Hall	9 36
Ancon	1821	11 46	79 35	=	10 25
=	1825	=	=	Chaucheprat . . .	8 30
Lima	1802	12 2	79 27	Span. Karten . . .	9 50
Callao	1821	12 3	79 34	B. Hall	10 34
=	1823	=	=	Duperrey	9 30
=	1835	=	=	Fitz-Roy	10 18
Pisco	1835	13 48	78 44	=	10 0
Inf. Sangallan . .	1823	13 50	78 51	Duperrey	9 33
San Juan	1835	15 21	77 35	Fitz-Roy	10 3
Lomas	1835	15 33	77 16	=	10 3
Atico	1835	16 13	76 7	=	11 2
Spitze v. Pescadores .	1821	16 15	76 6	B. Hall	11 20
Guerrayos	1831	16 30	66 0	D'Orbigny	8 30
Quilca	1822	16 42	74 52	Lartigue	10 14
Islay	1823	17 0	74 32	=	10 0
=	1835	=	=	Fitz-Roy	11 0
Mellendo	1821	17 2	74 27	B. Hall	11 5
=	1823	=	=	Lartigue	10 0
Ylo	1823	17 36	73 45	=	10 15
Spitze Coles . . .	1821	17 42	73 52	B. Hall	10 18
Arica	1821	18 28	72 45	=	10 25
=	1822	=	=	Lartigue	9 4
=	1835	=	=	Fitz-Roy	11 0
Iquiqué	1835	20 12	72 34	=	12 18
B. de la Constitution	1835	23 29	73 2	=	12 8
Flamenco	1835	26 34	73 10	=	13 46
Havre Anglais . .	1835	27 5	73 16	=	13 32
Copiapo	1821	27 20	73 22	B. Hall	13 30
=	1835	=	=	Fitz-Roy	13 32
Guasco	1821	28 27	73 40	B. Hall	13 30
=	1835	=	=	Fitz-Roy	13 37
Hafen v. Carrisal . .	1835	28 5	73 36	=	13 23
Coquimbo	1821	29 59	73 50	B. Hall	14 0
=	1828	=	=	Beechey	14 24
=	1835	=	=	Fitz-Roy	14 24
Pichidanqué . . .	1835	32 8	73 55	=	15 24
Papud	1835	32 20	73 51	=	15 12
Valparaiso	1802	33 2	74 1	Span. Karten . . .	14 55
=	1821	=	=	B. Hall	14 43
=	1823	=	=	Morrell	15 41
=	1825	=	=	Beechey	15 52
=	1827	=	=	Lütke	14 26
=	1830	=	=	King	15 18
=	1831	=	=	Laplace	15 0
=	1835	=	=	Fitz-Roy	15 18
Inf. Juan Fernandez	1830	33 38	81 14	King	17 13
Inf. Masafuero . .	1832	33 45	82 54	Laplace	16 0
Maule, Fl. . . .	1835	35 20	74 49	Fitz-Roy	16 24

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Talcahuano	1821	36°42′ S.	75°31′ W.	B. Hall	15°30′ O.
„	1823	„	„	Duperrey	16 16
„	1824	„	„	Kotzebue	15 0
„	1825	„	„	Beechey	16 49
„	1827	„	„	Lütke	17 2
„	1829	„	„	King	16 47
„	1835	„	„	Fitz-Roy	16 48
Arauco	1821	37 14	75 44	B. Hall	18 22
Inf. Mocha . . .	1821	38 19	76 20	„	19 34
„	1823	„	„	Morrell	17 22
Valdivia	1822	39 53	75 49	Lartigue	17 0
„	1835	„	„	Fitz-Roy	17 30
San Carlos de Chiloe	1807	41 51	76 16	Smith	19 20
„ „ . .	1829	„	„	King	18 23
„ „ . .	1834	„	„	Fitz-Roy	18 0
Port Low	1835	43 48	76 22	King	19 48
Midship, Bai . . .	1834	45 18	76 56	Fitz-Roy	20 42

Guyana und Brasilien.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Cayenne	1820	4°56′ N.	54°35′ W.	Roussin	2°28′ O.
Fernando de Noronha	1810	3 56	34 36	Abweichungs-Karte .	5 0 W.
Penedo de S. Pedro .	1813	0 55	31 35	Collins	6 0
„ „ . . .	1825	„	„	Beechey	9 5
Manoel-Luiz . . .	1820	0 51 S.	46 37	Roussin	0 57 O.
Inf. San-Joao . .	1832	1 17	47 20	Wellesley	1 24
Para	1832	1 28	50 48	Foster	1 14
Inf. Santa-Anna. .	1832	2 17	46 5	Wellesley	2 24
Maranhon	1820	2 29	46 37	Givry	1 37
„	1822	„	„	Foster	0 31
„	1832	„	„	Owen	2 0
Morro Alegro. . .	1820	2 20	45 34	Roussin	0 5
Lançoes Grandes . .	1820	2 23	45 29	„	0 0
Igueraſſu, Fl. . .	1820	2 52	43 58	„	1 16 W.
Jericacoara . . .	1820	2 47	42 48	„	2 23
Ciara	1820	3 43	40 54	„	3 3
„	1832	„	„	Wellesley	3 32
Spitze v. Mel . . .	1819	4 55	39 19	Roussin	3 36
Brisans das Urcas .	1819	4 51	38 39	„	3 50
Cap St.-Roch. . .	1819	5 28	37 37	„	4 55
Spitze Lucena . . .	1819	6 54	37 13	„	4 30
Pernambuco . . .	1815	8 3	37 12	Hawett	3 0
„ . . .	1819	„	„	Roussin	4 45
„ . . .	1822	„	„	Owen	4 48
„ . . .	1836	„	„	Fitz-Roy	5 54
Cap St.-Augustin .	1819	8 21	37 17	Roussin	4 30
Inf. San Aleiro . .	1819	8 36	37 21	„	4 0
Fort Tamandaré . .	1819	8 43	37 25	„	3 47
Port des Français .	1819	9 40	38 3	„	3 10
Rio Francisco . .	1819	10 29	38 44	„	3 10
Gracia de Avila . .	1819	12 32	40 21	„	2 23

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Bahia	1819	13° 0′ S.	40°52′ W.	Roussin	1°58′ W.
„	1822	„	„	Owen	2 0
„	1836	„	„	Fitz-Roy	4 18
Morro de San Paulo	1819	13 22	41 14	Roussin	1 50
Spitze v. Muta	1819	13 53	41 17	„	1 16
Villa de San Jorge	1819	14 49	41 20	„	1 0
Porto Seguro	1819	16 27	41 23	„	0 54
„	1819	„	„	Givry	0 50
Bank v. Itocolimi	1819	17 0	41 20	Roussin	0 50
Ins. Abrolhos	1819	17 57	41 2	„	0 46
„	1836	„	„	Fitz-Roy	2 0
Rio San Maheo	1819	18 37	42 5	Roussin	0 1
Rio Doce	1819	19 37	42 11	„	0 5 O.
Bai Spirito-Santo	1819	20 21	42 38	„	0 56
Ins. Martin-Vaz	1822	20 29	31 12	Duperrey	7 0 W.
Ins. de la Trinidad	1826	20 32	31 40	D'Urville	6 50
Guarapari	1819	20 44	42 47	Roussin	1 0 O.
Morro San Joao	1819	22 32	44 27	„	1 16
Cap Frio	1817	28 1	44 24	Freycinet	1 8
„	1819	„	„	Roussin	2 30
„	1822	„	„	Owen	3 0
„	1828	„	„	Foster	1 7
„	1831	„	„	Kellett	0 12
Cap Negro	1819	22 57	45 5	Roussin	2 40
Rio-Janeiro	1817	22 54	45 36	Freycinet	2 15
„	1819	„	„	Roussin	3 40
„	1819	„	„	Givry	3 48
„	1820	„	„	Freycinet	3 34
„	1821	„	„	Rümker	3 21
„	1821	„	„	Bellingshausen	4 3
„	1822	„	„	Owen	3 0
„	1825	„	„	Beechey	3 11
„	1826	„	„	King	2 37
„	1827	„	„	Lütke	3 0
„	1830	„	„	Erman	2 10
„	1832	„	„	Laplace	2 0
„	1836	„	„	Fitz-Roy	2 0
La Gabia	1819	22 59	45 43	Roussin	3 43
Morne de Cairoçu	1819	23 20	47 3	„	4 38
Ins. Buzios	1819	23 44	47 26	„	4 40
Ins. San Sebastiao	1819	23 47	47 47	„	3 25
„ „	1819	„	„	Givry	3 30
„ „	1819	„	„	Owen	3 12
Ins. Alcatraze	1819	24 6	48 7	Roussin	5 0
Conception	1819	24 13	49 7	Owen	6 0
Port de Santos	1819	24 1	48 50	Roussin	6 1
Laage de Santos	1819	24 18	48 37	„	5 50
Queimada	1819	24 29	49 7	Owen	6 0
Cananea	1819	24 59	59 12	„	7 0
„	1819	„	„	Roussin	6 27
Ins. Mel	1819	25 33	50 46	„	6 11
Paranagua	1819	25 34	50 47	„	7 39

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographiſcher Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Paranagua . . .	1819	25°34′ S.	50°47′ W.	Givry	7°42′ O.
Berg Jtacolomi . .	1819	25 50	50 53	Rouſſin	7 30
Rio San Francisco .	1819	26 6	51 0	=	7 28
Inſ. Tamboretes . .	1819	26 21	50 59	=	7 30
Inſ. Anhatomirim .	1804	27 25	51 1	Kruſenſtern . . .	7 51
=	1819	=	=	Owen	7 30
=	1819	=	=	Rouſſin	7 29
=	1819	=	=	Givry	7 26
=	1822	=	=	Duperrey	6 26
=	1827	=	=	King	6 30

Uruguay, argentiniſche Republik und Patagonien.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetiſche Abweichung
Corrientes	1826	27°27′ S.	61° 5′ W.	D'Orbigny . . .	8° 0′ O.
Arroyo Grande . .	1829	33 40	59 24	=	12 0
Auf dem Yi . . .	1829	33 30	58 0	=	11 55
Buenos-Ayres . . .	1813	34 36	60 44	Heywood	12 30
= . . .	1829	=	=	D'Orbigny . . .	13 10
Montevideo . . .	1807	34 54	58 33	Beaufort	13 20
= . . .	1820	=	=	Freycinet	12 47
= . . .	1827	=	=	King	12 7
= . . .	1829	=	=	D'Orbigny . . .	11 43
= . . .	1830	=	=	Duperrey	11 42
= . . .	1833	=	=	Fitz-Roy	12 0
Inſ. Gorriti . . .	1813	35 0	57 14	Heywood	13 0
=	1829	=	=	King	13 48
Cruz de Guerra . .	1828	35 40	63 3	D'Orbigny . . .	14 7
Tandil	1823	37 20	61 20	—	14 59
=	1828	=	=	D'Orbigny . . .	14 26
Bahia-Blanca . . .	1828	38 50	64 21	=	13 39
=	1832	=	=	Fitz-Roy	15 0
Rio Negro	1832	41 1	65 7	=	17 42
Rio Chupat . . .	1832	43 20	67 14	=	18 6
Port Ste.-Hélène .	1826	44 30	67 37	King	19 19
Port Deſiré . . .	1826	47 45	68 15	=	19 42
=	1834	=	=	Fitz-Roy	20 12
Eisbärenbai . . .	1829	47 51	68 8	King	20 47
Port St.-Julien . .	1834	49 15	70 2	Fitz-Roy	21 0
Rio Sta.-Cruz . .	1834	50 7	70 44	=	20 54
Rio Gallegos . . .	1829	51 33	71 18	King	21 47
Cap de los Virgines .	1829	52 19	70 37	=	22 30
Cap Gregory . . .	1829	52 38	72 30	=	23 34
Peckett Hafen . . .	1829	52 47	73 1	=	23 49
Ste.-Marie . . .	1829	53 22	73 14	=	23 26
Port Famine . . .	1828	53 38	73 18	=	23 30
Cap San Jſidore . .	1828	53 47	73 15	=	23 30
Cascade Haf. . . .	1828	53 58	73 48	=	24 18
Cap Gallant . . .	1828	53 42	74 19	=	24 35
Port Gallant . . .	1828	53 42	74 17	=	24 4
Bachelor, Fl. . . .	1828	53 33	74 37	=	24 6
Cap Providence . .	1828	52 59	75 51	=	23 22

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Cap Tamar	1828	52°55′ S.	76° 4′ W.	King	23°24′ O.
Cap Cortado	1828	52 50	76 43	=	23 40
Mont Observation	1828	52 29	76 53	=	24 9
Haf. Mercy	1828	52 45	76 55	=	23 48
Warping, Bucht	1828	54 24	73 25	=	24 57
Park, Bai	1828	54 19	73 35	=	24 56
Tom, Haf.	1828	54 24	74 22	=	25 19
Hewett, Bai	1828	54 15	74 37	=	24 0
Nördl. Ankerpl.	1828	54 9	74 31	=	24 12
Bedfort, Bai	1828	54 0	74 38	=	24 0
Porte-St.-Martin	1828	53 7	74 21	=	23 58
Inglefield, Ins.	1828	53 4	74 12	=	23 56
Dunkin, Bucht	1828	52 45	74 42	=	23 40
Wigwam, Bucht	1828	52 59	73 45	=	23 34
Tiefer Hafen	1828	52 41	76 5	=	23 4
Gute Bai	1828	52 34	76 3	=	23 20
Fortune-Bai	1828	52 15	76 1	=	23 40
Welcome	1828	52 9	76 3	=	23 40
Narrow Creek	1828	51 47	76 29	=	24 9
Relief, Hafen	1828	51 26	76 27	=	24 40
Puerto Bueno	1828	50 58	76 27	=	21 0
Port Henry	1828	50 0	77 35	=	20 50
Cap Primero	1828	49 50	77 52	=	20 58
Xavier, Ins.	1828	47 10	76 46	=	19 50
Port Otway	1828	46 49	77 39	=	20 32
Port Sta.-Barbara	1828	48 2	77 49	=	19 10
Dislocation, Hafen	1828	52 54	76 53	=	23 53
Week, J.	1828	53 11	76 35	=	24 0
Latitude, Bai	1828	53 19	76 32	=	23 56
Noir roads	1828	54 28	75 16	=	24 40
Cap Noir	1828	54 30	75 21	=	25 0
Fury, Hafen	1828	54 28	74 34	=	24 30
North, Bucht	1828	54 24	74 35	=	24 30
Townshend	1828	54 42	74 12	=	24 34
Stewart	1828	54 54	73 45	=	24 14
Doris, Bucht	1828	54 59	73 26	=	24 16
March, Hafen	1828	55 23	72 14	=	24 4
Adventure, Bucht	1828	55 21	72 10	=	24 40
Orange, Bai	1828	55 31	70 20	=	23 56
Lennox, Hafen	1828	55 17	69 4	=	23 40
Ins. Diego Ramirez	1829	56 26	70 56	=	24 0
Ins. Ildefonso	1822	55 49	71 20	Weddell	26 40
Cap Horn	1822	55 49	69 36	=	23 39
=	1834	=	=	Fitz-Roy	24 0
Baie du Bon-Succès	1829	54 48	67 34	King	22 42
=	1834	=	=	Fitz-Roy	22 54
Cap St.-Jean	1822	54 47	66 7	Duperrey	21 0

Maluinen-Inseln.

Beobachtungs-Ort	Jahr	Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Baie Française	1820	51°32′ S.	60°30′ W.	Freycinet	19°26′ O.
=	1822	=	=	Duperrey	19 7
=	1834	=	=	Fitz-Roy	19 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort: Breite	Geographischer Ort: Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Bai Choiseul . . .	1834	51°54′ S.	60°51′ W.	Fitz-Roy	19° 2′ O.
Port Porpoise . . .	1834	52 21	61 41	=	19 7
Port Edgar . . .	1820	52 3	62 36	Owen	19 30
= . . .	1834	=	=	Fitz-Roy	20 0
Port Stephens . .	1834	52 12	63 1	=	20 4
Port Egmont . . .	1834	51 21	62 25	=	19 5
Mitte des Golfs v. Patagonien . . .	1822	51 34	66 40	Duperrey	21 52
=	1822	53 19	66 57	=	21 32
Süd-Polar-Gegend.					
Im Meere	1831	66°48′ S.	1°18′ W.	Biscoë	18° 0′ W.
=	1831	62 25	4 48	=	15 0
=	1820	69 0	3 8	Bellingshausen . .	11 28
=	1820	69 17	5 6	= . .	8 48
=	1820	63 18	6 15	= . .	9 55
=	1820	60 50	8 12	= . .	10 37
=	1831	59 16	9 34	Biscoë	11 30
=	1820	60 7	9 38	Bellingshausen . .	9 12
=	1820	59 27	12 10	= . .	7 6
=	1820	59 15	13 39	= . .	4 8
=	1820	59 47	17 50	= . .	3 48
=	1831	59 35	21 14	Biscoë	1 30 O.
=	1820	59 50	23 7	Bellingshausen . .	2 34
=	1830	58 18	25 34	Biscoë	2 0
	1820	59 39	28 49	Bellingshausen . .	6 32
	1819	57 49	29 4	= . .	4 52
Sandwich-Land . .	1819	57 10	29 20	= . .	5 22
	1820	60 17	29 44	= . .	7 9
	1820	60 3	29 59	= . .	7 4
=	1838	61 50	33 50	D'Urville	7 4
=	1838	62 20	35 30	=	8 0
=	1823	65 44	36 24	Weddell	12 2
=	1823	74 15	36 37	=	11 20
=	1823	72 30	37 11	=	12 23
=	1823	73 34	38 15	=	15 10
=	1838	62 20	38 40	D'Urville	11 9
Ins. Georgia . . .	1823	54 3	40 0	Weddell	11 15
Im Meere	1823	64 54	42 0	=	10 35
=	1838	63 15	46 35	D'Urville	15 27
Cap Dundas . . .	1823	60 46	46 56	Weddell	16 0
Ins. Saddle . . .	1823	60 38	47 13	=	16 0
= . . .	1838	=	=	D'Urville	14 46
	1838	60 0	47 30	=	15 0
Cap West	1823	60 42	48 44	Weddell	16 0
Ins. Elephant . . .	1838	61 20	57 10	D'Urville	19 40
Joinville-Land . .	1838	63 0	58 50	=	23 0
Ins. König-Georg .	1821	61 42	60 30	Bellingshausen .	21 27
Ins. Dumoulin . .	1838	63 30	61 40	D'Urville	22 30
Ins. Greenwich . .	1821	62 30	62 30	Powell	25 0

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Inf. Deception . .	1829	63° 0′ S.	62°50′ W.	Kendall	28° 0′ O.
Inf. Loyds. . . .	1821	62 45	64 0	Powell	25 14
Inf. James . . .	1823	62 53	64 15	Weddell	27 30
Inf. Smith . . .	1821	63 9	65 20	Bellingshausen . .	24 24
Graham-Land. . .	1832	64 20	67 40	Biscoë	26 0
Im Meer	1822	57 9	68 44	Duperrey	24 6
⸗	1822	57 57	69 57	⸗	25 2
⸗	1832	64 53	69 23	Biscoë	26 20
⸗	1823	57 52	79 27	Duperrey	27 6
J. Alexander I., in Sicht	1821	69 8	79 12	Bellingshausen . .	32 3
Im Meere	1822	66 27	80 24	Biscoë	30 0
⸗	1823	57 48	83 40	Duperrey	27 48
⸗	1823	54 26	85 52	⸗	25 15
⸗	1821	67 26	88 28	Bellingshausen . .	33 36
Inf. Peter I., in Sicht	1821	68 57	93 6	⸗	36 6
Im Meeree. . . .	1820	58 29	101 49	Freycinet	23 50
⸗	1832	64 10	113 10	Biscoë	23 0
⸗	1821	63 26	117 15	Bellingshausen . .	21 31
⸗	1820	62 2	122 27	⸗	24 0
⸗	1820	65 4	123 19	⸗	20 0
⸗	1832	64 20	122 0	Biscoë	17 0
⸗	1822	55 50	132 10	⸗	12 0
⸗	1820	64 21	157 41	Bellingshausen . .	19 10
⸗	1820	66 4	168 0	⸗	30 34
⸗	1832	56 26	172 50	Biscoë	16 0
⸗	1820	55 2	176 31	Freycinet	19 37
⸗	1820	61 54	177 0	Bellingshausen . .	20 10
⸗	1832	52 44	178 12	Biscoë	13 0
⸗	1820	55 17	179 38 O.	Freycinet	15 57
⸗	1820	54 59	175 1	⸗	16 55
⸗	1820	53 44	170 40	⸗	15 23
Inf. Campbell . .	1820	52 40	167 1	⸗	14 0
Im Meer	1820	63 17	164 38	Bellingshausen . .	22 26
⸗	1820	60 22	161 11	⸗	22 7
Inf. Macquarie . .	1820	54 56	156 53	⸗	14 30
Im Meere	1820	52 20	151 37	⸗	13 0
⸗	1824	46 45	146 58	Duperrey	10 4
⸗	1820	49 45	140 10	Bellingshausen . .	6 53
⸗	1831	48 40	137 35	Biscoë	0 0
⸗	1820	49 44	134 0	Lazareff.	1 0
⸗	1820	49 59	134 0	⸗	0 52 W.
⸗	1831	51 53	126 49	Biscoë	0 0
⸗	1820	55 4	126 48	Bellingshausen . .	8 45
⸗	1820	56 42	121 50	⸗	21 5
⸗	1820	54 49	110 47	Lazareff.	27 49
⸗	1820	55 3	107 13	⸗	31 16
⸗	1831	54 57	102 12	Biscoë	27 38
⸗	1820	56 11	101 44	Lazareff.	37 26
⸗	1820	58 22	95 8	Bellingshausen . .	42 51
⸗	1820	57 25	88 39	Lazareff.	42 52
⸗	1820	59 34	86 12	⸗	44 40
⸗	1820	60 29	83 46	Bellingshausen . .	49 40

Beobachtungs-Ort	Jahr	Geographischer Ort Breite	Geographischer Ort Länge	Namen der Beobachter	Magnetische Abweichung
Im Meere	1820	60°49′ S.	80° 2′ O.	Bellingshausen . .	48° 4′ W.
„	1820	61 22	67 17	„	45 26
„	1820	62 4	65 56	„	45 19
„	1820	62 48	66 23	„	46 9
„	1831	65 16	62 27	Biscoë	40 28
Ins. Marion u. Crozet	1838	46 26	49 30	Cécille	35 0
In der Nähe von Enderby's-Land .	1820	62 28	50 7	Bellingshausen . .	44 4
	1820	62 50	39 45	„	39 2
	1820	65 48	39 24	„	40 35
	1820	66 49	39 6	„	40 13
	1820	65 5	39 2	„	38 9
	1831	66 46	38 50	Biscoë	40 22
	1831	67 50	34 18	„	34 12
	1831	66 56	34 37	„	33 0
	1820	66 59	35 18	Bellingshausen . .	35 53
Prinz-Eduards-Ins. .	1838	46 45	35 16	Cécille	33 0
Im Meere	1820	65 13	25 55	Bellingshausen . .	32 11
„	1831	68 58	21 25	Biscoë	29 10
„	1831	68 43	20 5	„	28 44
„	1820	65 44	21 0	Bellingshausen . .	29 55
„	1820	67 25	16 43	„	24 44
„	1820	67 16	14 41	„	23 14
„	1820	66 1	15 15	„	22 59
„	1831	68 30	12 22	Biscoë	23 12
„	1820	64 26	9 44	Bellingshausen . .	22 39
„	1820	65 50	7 22	„	19 58
„	1831	67 57	6 8	Biscoë	21 12
„	1820	66 12	0 6	Bellingshausen . .	15 57

Anmerk. Die vorstehende Tabelle enthält eine große Anzahl von Beobachtungen, die Duperrey seinen 1836 erschienenen Karten der magnetischen Meridiane und Parallelkreise zu Grunde gelegt hat.

Die Abweichung der Magnetnadel ist secularen, jährlichen, monatlichen und täglichen Variationen unterworfen, welche man als regelmäßig annehmen kann, und außerdem noch unregelmäßigen Schwankungen, die sich bei gewissen Naturerscheinungen, z. B. bei den Polarlichtern zeigen.

Die ältesten Beobachtungen der Abweichung gehen für Paris bis auf das Jahr 1580, für London bis 1576 zurück. Damals betrug die Abweichung zu Paris 11° 30′ östlich; 1663 befand sich die Magnetnadel im wahren Meridian oder die Abweichung war = 0; seitdem wurde die Abweichung westlich; im Jahr 1814 hatte sie ihr Maximum erreicht und seitdem geht die Nadel wieder dem wahren Meridian zu. Die zu Paris beobachteten Abweichungen sind folgende:

1580	11° 30′ östl.		1767	19° 16′ westl.	
1618	8 0		1780	19 55	
1663	0 0		1785	22 0	
1678	1 30 westl.		1805	22 5	
1700	8 10		1813	22 28	

1814	22°	34′ westl.	1823	22	23
1816	22	25	1824	22°	23′ westl.
1817	22	19	1825	22	22
1818	22	22	1826	=	=
1819	22	29	1827	22	20
1820	=	=	1828	22	5
1821	=	=	1832	22	3
1822	22	11	1835	22	4

In London hat man folgende Abweichungen beobachtet:

1576	11°	15′ östl.	1760	19°	30′ westl.
1580	11	17 Maximum	1774	22	20
1622	6	12	1778	22	11
1634	4	5	1790	23	39
1657 } 1662 }	0	0	1800	24	36
			1806	24	8
1666	0	34 westl.	1813	24	20,17
1670	2	66	1815	27	18 Maximum
1672	2	30	1816	24	17,9
1700	9	40	1820	24	11,7
1720	13	10	1823	24	9,4
1740	16	10	1831	24	0

Vergleicht man beide Tabellen, so zeigt sich, daß das Maximum der östlichen Abweichung an beiden Orten 1580 stattfand; daß von 1657 bis 1662 zu London die Abweichung = 0 war, während dies zu Paris erst 1663 der Fall war; daß das Maximum der westlichen Abweichung in London 1815, in Paris 1814 eintrat. Die beiden Maxima traten also zu London und Paris ziemlich zu derselben Zeit ein.

Folgende Declinationsbeobachtungen am Cap der guten Hoffnung zeigen, daß die secularen Variationen auf der südlichen Halbkugel einen analogen Gang wie auf der nördlichen nehmen:

1605	0°	30′ östl.	1724	16°	27′ westl.
1609	0	12 westl.	1752	19	0
1614	1	30	1768	19	30
1667	7	15	1775	21	14
1675	8	30	1791	25	40 Maximum
1702	12	50	1804	25	4

Barlow suchte die secularen fortschreitenden Aenderungen der Abweichung durch eine Formel auszudrücken. Er nahm dabei an, daß der Magnetpol, welcher auf die Nadel zu London wirkt, im Jahr 1818 unter 75° 2′ n. Br. und 67° 41′ w. L. sich befand, und schloß daraus, daß die Bewegung der Nadel gleichmäßig sei und 4° 14′ in 10 Jahren betrage. Auf Grund dieser Annahme berechnete er nun die Abweichung in London von 1660 bis 1818 und kam zu Resultaten, welche von den beobachteten Werthen der Declination nur wenig abweichen, wie die nachstehende Zusammenstellung beweist.

Rechnung			Beobachtung			Autorität
Jahr	Abweichung		Abweichung		Jahr	
1658 od. 1660	0°	0′	0°	0′	1658 od. 1660	Bond
1670	2	44	2	30	1672	Halley
1680	5	25			1676	Bond
1690	7	59	6	0	1692	Halley
1700	10	26	=		=	=
1710	12	43	=		=	=
1720	14	47	14	17	1723	Graham
1730	16	41				=
1740	18	20	17	0	1745	=
1750	19	47	17	48	1748	=
1760	21	1				Heberden
1770	22	4	21	9	1773	Gilpin
1780	22	54	23	17	1786	=
1790	23	33	23	39	1790	=
1800	24	1	24	3	1800	=
1810	24	18	24	11	1809	=
1818	24	30	24	30		

Man sieht, daß die Differenzen zwischen den berechneten und den beobachteten Abweichungen nicht bedeutend sind. Barlow hat nach seiner Methode auch die Abweichungen von Paris und Kopenhagen berechnet. Die Differenz zwischen den berechneten und den beobachteten Abweichungen blieb für Paris unter 0° 30′, für Kopenhagen unter 0° 20′ mit Ausschluß der 1781 beobachteten Abweichung.

Die jährlichen Schwankungen der Abweichung scheinen von der Stellung der Sonne zur Zeit der Nachtgleichen und der Sonnenwenden abhängig zu sein. Cassini *) kam zu folgenden Bestimmungen. Vom Januar bis zum April entfernt sich (in Paris) die Magnetnadel vom Nordpol, so daß die westliche Abweichung zunimmt. Vom April bis zu Anfang Juli, d. h. in der Zeit zwischen der Frühlingsnachtgleiche und der Sommerwende, nimmt die Abweichung ab. Nach der Sommerwende bis zur nächsten Frühlingsnachtgleiche geht die Nadel wieder westlich, so daß sie im October ungefähr in derselben Richtung sich befindet wie im Mai; zwischen October und März ist die westliche Bewegung geringer als in den drei vorhergehenden Monaten. Es folgt hieraus, daß die Nadel während der drei Monate zwischen der Frühlingsnachtgleiche und der Sommerwende gegen Osten sich zurückbewegt, in den 9 folgenden Monaten aber im Gegentheil ihr Gang im Allgemeinen gegen Westen gerichtet ist. Cassini hat auch bemerkt, daß die Abweichungen in gleicher Weise auch in den Kellern des Observatoriums vor sich gingen, also an einem Orte, wo das Licht der Sonne nicht hingelangt und wo die Wärme constant ist.

Arago suchte aus einer Reihe von Beobachtungen für Paris und London die mittlere Abweichung jedes Tages, indem er das arithmetische Mittel der größ-

*) Ann. de Ch. et Phys. T. XVI. p. 54.

ten und kleinsten Abweichung nahm, ferner die **mittlere Abweichung** jedes Monats, welche das Mittel aus den Abweichungen der einzelnen Tage des Monats ist. Alle monatlichen mittleren Abweichungen für Paris von 1784 bis 1788 stellte er in einer Tabelle zusammen. In einer andern Tabelle stellte er für London die mittleren Abweichungen zur Zeit der Nachtgleichen und Sonnenwenden von 1793 bis 1805, berechnet nach den Beobachtungen von Gilpin, zusammen. Indem er alle diese Resultate verglich, fand er ein Maximum der Abweichung zur Zeit der Frühlingsnachtgleiche und ein Minimum zur Zeit der Sommersolstitiums, aber mit dem Unterschiede, daß die Weite der Oscillationen für London geringer war als für Paris.

Die beiden hier mitgetheilten Tabellen dienen dem Gesagten zur Bestätigung:

Mittlere Abweichungen in Paris.

	1784	1785	1786	1787	1788	Mittel der 5 Jahre
Januar . . .	— 4′ 29″	+ 18′ 19″	27′ 3″	33′ 9″	39′ 31″	22′ 43″
Februar . .	— 4 53	+ 20 2	27 36	37 42	41 25	24 22
März	+ 2 53	+ 19 44	28 36	48 59	40 46	28 12
April . . .	+ 3 39	+ 19 12	30 47	49 58	53 21	31 23
Mai	+ 2 39	+ 17 31	27 51	46 47	49 58	28 57
Juni	— 2 59	+ 14 26	17 43	40 4	46 46	23 12
Juli	— 2 31	+ 14 26	20 56	35 26	46 17	22 55
August . . .	— 0 58	+ 15 39	20 39	37 50	45 19	23 42
September .	+ 3 13	+ 18 9	24 57	42 33	46 17	26 2
October . .	+ 9 58	+ 21 11	30 54	47 42	52 6	32 22
November .	+ 12 18	+ 26 32	26 52	35 18	54 42	31 8
December . .	+ 13 54	+ 27 13	32 30	39 12	52 1	32 58

Das Zeichen —, womit einige Zahlen der Columne 1784 behaftet sind, zeigt an, daß der Index rechts vom Nullpunkte der Theilung war.

Mittlere Abweichungen in London.

Jahre	März	Juli	September	December
1793	23° 48′,8	23° 48′,5	23° 52′,6	23° 52′,3
1795	23 57 ,5	23 57 ,1	24 0 ,4	23 59 ,4
1796	24 1 ,1	23 58 ,7	24 0 ,1	24 1 ,3
1797	24 1 ,5	24 0 ,2	24 1 ,4	24 1 ,3
1798	24 0 ,6	24 0 ,0	24 1 ,4	24 1 ,4
1799	24 1 ,1	24 0 ,6	24 2 ,9	24 2 ,3
1800	24 3 ,6	24 1 ,8	24 3 ,6	24 3 ,3
1801	24 5 ,2	24 2 ,8	24 3 ,8	24 5 ,4
1802	24 6 ,9	24 5 ,3	24 8 ,7	24 6 ,8
1803	24 8 ,0	24 7 ,0	24 10 ,5	24 10 ,7
1804	24 9 ,4	24 6 ,0	24 8 ,9	24 9 ,0
1805	24 8 ,7	24 7 ,8	24 10 ,0	24 9 ,4
Mittel. . . .	24° 2′,7	24° 1′,3	24° 3′,7	24° 3′,6

Bei Vergleichung der Beobachtungen Cassini's von 1786 mit denen von 1800, die den Messungen Gilpin's entsprechen, machte Arago die Bemerkung, daß sie nur in einem Punkte von einander sich unterscheiden: im Jahr 1786 betrug die jährliche Aenderung der Abweichung 0° 9′, während dieselbe im Jahr 1800 kaum 0° 1′ betrug. Die retrograde Bewegung, welche die Nadel von der Frühlings-Nachtgleiche bis zur Sommerwende erleidet, hat sich also zu gleicher Zeit mit der allgemeinen und jährlichen Bewegung gegen Westen vermindert. Arago giebt auch eine Tabelle von mittleren Declinationsbestimmungen für Salem in den Vereinigten Staaten, welche von Bowditch im Jahr 1810 beobachtet wurden. An diesem Orte ist die Abweichung westlich und nimmt seit einer langen Reihe von Jahren jährlich um ungefähr 0° 2′ ab. Bei der Prüfung dieser Resultate findet man keine Spur von der von Cassini angezeigten Periode; denn die Abweichung hat sich in der Zeit vom Frühlings-Aequinoctium bis zum Sommer-Solstitium nicht nur nicht vermindert, sondern im Gegentheil vom April bis in den August sich vermehrt; dagegen hat sie sich aber zwischen September und December merklich vermindert, wie die nachstehende Tabelle *) zeigt:

April 1810 . .	6°	21′	21″W.	November 1810 . .	6°	19′	11″W.
Mai „ . . .	„	23	36	December „ . . .	„	12	35
Juni „ . . .	„	25	42	Januar 1811 . .	„	20	55
Juli „ . . .	„	28	51	Februar „ . . .	„	21	19
August „ . . .	„	29	44	März „ . . .	„	20	29
September „ . . .	„	25	21	April „ . . .	„	23	39
October „ . . .	„	21	42	Mai „ . . .	„	21	38

Es wäre möglich, daß die Periode Cassini's vom Frühling auf den Herbst fortgerückt wäre. Bestätigte sich diese Annahme, so würden nach Arago folgende Grundbestimmungen anzunehmen sein:

1) Wenn die Nadel, deren Abweichung westlich ist, vom Meridian sich entfernt (die seculare Abweichung im Fortschreiten nach Westen begriffen ist), so erleidet sie (jährlich) eine retrograde Bewegung, welche sie der Ebene des Meridians wieder nähert. Dies ist die Entdeckung Cassini's.

2) Diese retrograde Oscillation ist um so bedeutender, je größer die jährliche Veränderung der Abweichung ist. Dies folgt aus der Vergleichung der Beobachtungen von Cassini und Gilpin.

3) Die Oscillation verschwindet und alle Monate geben ziemlich dieselbe mittlere Abweichung, wenn die Nadel zur Grenze ihrer westlichen Abweichung gelangt und die Aenderung der jährlichen Abweichung gleich 0 geworden ist. Dies folgt aus Beobachtungen von Beaufoy **).

---

*) Memoirs of the American Academy.

**) Wenn die Nadel ihr Maximum westlicher Abweichung in ihrer secularen Bewegung erreicht hat, so ist sie auf einen Wendepunkt gelangt, und es findet einige Jahre keine bedeutende und entschieden westlich oder östlich gerichtete Veränderung ihrer Abweichung statt. Dies bestätigen besonders die oben S. 82 f. mitgetheilten Bestimmungen der absoluten Declination für Paris. 1814 erreicht die Abweichung ihr westliches Maximum, von da aber bis 1826 geht die Nadel zwar entschieden zum Meridian zurück, jedoch so, daß die Abweichung bald größer bald kleiner wird, im Ganzen um ein Mittel von 22° 21′, 5 oscillirt.

4) Nimmt die westliche Abweichung von Jahr zu Jahr ab, so beobachtet man keine merklichen Schwankungen gegen Osten weiter als in den Monaten September bis December. (Beobachtung von Bowditch.)

Die Vergleichung der Beobachtungen von Bowditch mit denen von Cassini rechtfertigt aber noch folgende, wie mir scheint, sehr beachtenswerthe Bemerkung: Wenn die seculare Bewegung der Magnetnadel vom wahren Meridian ab nach Westen gerichtet ist, so tritt zur Zeit zwischen dem Frühlings-Aequinoctium und dem Sommer-Solstitium eine retrograde Bewegung zum Meridian zurück (also östlich) nach der Gegend, aus welcher sich die Nadel im Ganzen entfernt, ein. Wenn dagegen die seculare Bewegung der Nadel von Westen ab nach dem Meridian gerichtet ist, so tritt in derselben Zeit eine retrograde Bewegung vom Meridian ab (also westlich) nach der Gegend, aus welcher sich die Nadel entfernt, ein. So gefaßt widerlegen die Cassini'schen und Bowditch'schen Beobachtungen einander nicht, sondern bestätigen einander.

Die täglichen Variationen der Magnetnadel wurden 1722 von Graham entdeckt und sind seitdem unausgesetzt beobachtet worden, um aus ihrem Gange einen Schluß auf das Wesen des Erdmagnetismus machen zu können. Zuerst sah man, daß in Europa das Nordende der Nadel täglich von Sonnenaufgang bis etwa eine Stunde nach Mittag sich westwärts bewegt, dann aber wieder ostwärts geht, so daß sie ungefähr um 10 Uhr Abends wieder in derselben Stellung sich befindet, wie dies Morgens der Fall war. Da bei uns die absolute Abweichung westlich ist, so erreicht also die Abweichung täglich eine Stunde nach Mittag ihr Maximum und geht von da bis 10 Uhr zu ihrem Minimum zurück, von wo sie am nächsten Morgen wieder ihre Wanderung beginnt. Während der Nacht finden keine auffallenden Schwankungen statt. Zu Paris ist das Mittel der täglichen Variation für April, Mai, Juni, Juli und September 13 bis 15′, für die übrigen Monate 8 bis 10′. Es giebt aber Tage, wo sich die Variation bis auf 25′ erhebt, und andere, wo sie kaum 5 bis 6′ beträgt. Das Maximum der Abweichung findet für die verschiedenen Orte der Erde keinesweges zu derselben Stunde statt. Dove hat gezeigt, daß das Maximum der östlichen Abweichung zu Freiberg, Nikolajeff und Petersberg um 8 Uhr Morgens eintritt, zu Kasan um 9 Uhr; das Maximum der westlichen Ablenkung um 2 Uhr Nachmittags zu Kasan, Nikolajeff, Petersburg, um 1 Uhr zu Freiberg. In Dänemark, in Island, in den Nordpolar-Gegenden sind die täglichen Bewegungen der Nadel ausgebreiteter, aber eben so regelmäßig und machen während der Nacht keinen Stillstand. Man hat daraus geschlossen, daß die täglichen Variationen sich vergrößern, je mehr wir uns dem Pole nähern, und sich vermindern, je näher wir dem magnetischen Aequator kommen, woselbst sie sehr schwach sind. Obwohl die Variationen der Magnetnadel in unsern Gegenden einer regelmäßigen Bewegung von Ost nach West unterworfen sind, so findet man doch nicht zwei Tage im Jahre, an denen sie vollkommen mit einander übereinstimmten. Diese schon längst gemachte Bemerkung ist durch die Beobachtungen von Gauß und Weber, welche den größtmöglichen Grad von Genauigkeit erreicht haben, gerechtfertigt worden.

Zur Bestätigung des Gesagten, und um sich eine bestimmte Vorstellung von dem täglichen Gange der Magnetnadel an verschiedenen Orten der Erde zwischen den Polen und dem Aequator zu bilden, mögen einige Reihen von Beobachtungen der täglichen Variationen folgen. Wir beginnen mit denen, welche in Island und

Grönland durch eine wissenschaftliche Commission unter Leitung Gaimard's gemacht worden sind, die dahin auf der Corvette La Recherche 1836 geschickt wurde. Der zur Beobachtung angewendete Apparat war der von Gambey. (S. Declinatorium.)

Vor der Abreise verglich der Lieutenant Lottin in Gemeinschaft mit Bouvard den Gang der Nadel der Bussole der Recherche mit der der Bussole des Pariser Observatoriums. Becquerel theilt die graphischen Darstellungen der erhaltenen Resultate mit, aus denen man bequem übersieht, wie zwei Nadeln zweier gleich vorzüglichen Instrumente an demselben Ort zu derselben Zeit in ihren Stellungen von einander abwichen und wie weit sie mit einander überstimmten. Man kann hieraus einen Schluß auf den Grad von Zuverlässigkeit machen, welchen derartige Beobachtungen haben, um zu allgemeinen Bestimmungen benutzt zu werden. Die Vergleichung wurde vom 12. bis 19. April 1836 vorgenommen, um ungefähr 8 Uhr Morgens und von 12 bis 2 Uhr, als den Zeiten der größten Abweichung der Nadel nach Osten und nach Westen. Im Folgenden sind die Beobachtungen der Weite der Ablenkungen der Nadel vom 12. und 13. April 1836 zusammengestellt.

Stunden	Nadel der Recherche		Nad. d. Observatoriums		Wind, Wetter 2c.
	Weite	Differenz	Weite	Differenz	
12. April					
8h. 15′	= =		24′ 45″		Himmel bedeckt. W. NW.
		= =		— 0′36″	
30	= =		24 9		Desgl.
		= =		— 2 42	
9 0	= =		21 27		H. bedeckt. W. WNW.
		= =		—11 42	
12 30	18′ 16″		9 45		H. bewölkt. W. NNW.
		— 1′17″		+ 0 4	
50	16 59		9 49		Desgl.
		+ 1 30		— 1 43	
1 10	18 29		8 6		Desgl.
		— 0 25		+ 0 27	
30	18 4		8 33		Desgl.
		— 1 6		+ 1 3	
50	16 58		9 36		Desgl.
		— 0 46		= =	
2 10	16 12		= =		Desgl.
		— 1 9		+ 2 24	
30	15 3		= =		Desgl.
		— 0 34		= =	
40	14 29		12 0		H. bewölkt. W. NW.
13. April					
8 0	1 26		24 0		H. bedeckt. W. WSW.
		+ 2 13		— 1 39	

Stunden	Nadel der Recherche		Nad. d. Observatoriums		Wind, Wetter ꝛc.
	Weite	Differenz	Weite	Differenz	
13. April.					
20	3′ 39″		22 21		H. bedeckt. W. WSW.
		+ 0′ 5″		— 0′27″	
40	3 44		21 54		Desgl.
		— 0 13		0 0	
9 0	3 31		21 54		Himmel bedeckt. W. W.
		+14 7		—12 36	
12 0	17 38		9 18		H. sehr bewölkt. W. W.
		+ 0 4		— 0 41	
20	17 42		8 37		Desgl.
		+ 0 34		— 0 31	
40	18 16		8 6		Desgl.
		+ 1 13		+ 1 39	
1 0	17 3		9 45		H. bedeckt. W. WSW.
		+ 4 31		— 4 48	
20	21 34		4 57		H. bedeckt. W. WNW.
		+ 1 52		— 2 42	
40	23 26		2 15		H. bedeckt. W. W.
		— 3 56		= =	
2 0	19 30		= =		Desgl.
		— 5 27		+10 21	
20	14 3		12 36		Desgl.
		+ 0 34		= =	
40	14 37		= =		Desgl.

Auch die Beobachtungen zu Reykiawik wurden von gleichzeitigen Beobachtungen auf dem Observatorium zu Paris begleitet, vom 10. bis 28. August 1836 von 15 zu 15 Minuten, um den Gang der Nadel in den nördlichen Breiten mit dem Gange derselben in den gemäßigten Breiten vergleichen zu können; die graphische Darstellung der an diesen beiden Orten beobachteten täglichen Variationen zeigte, daß der Gang beider Nadeln von Nachts 1 Uhr bis gegen $11^1/_2$ Uhr ziemlich übereinstimmend war, von da ab aber im entgegengesetzten Sinne erfolgte.

Sehr sorgfältige Beobachtungen wurden von der französischen Commission, welcher vom schwedischen Gouvernement Lelliehooke und Silvestrom beigegeben worden, noch weiter nördlich zu Bossekop (West-Finmark) angestellt. Becquerel berichtet über dieselben nach einem Beobachtungsjournale des Lieutenant Lottin. Die täglichen Variationen wurden mit den Apparaten von Gambey und Gauß beobachtet. Die Beobachtungen mit dem Gaußischen Apparate wurden vom Sept. 1838 bis zum April 1839 am letzten Sonnabende jedes Monates von 5 zu 5 Minuten von Mittag bis wieder Mittag angestellt; das Chronometer war auf die mittlere Zeit von Göttingen geregelt. Während dieser 24 Stunden verfolgte man

gleichzeitig die Nadel von Gambey. Man wollte wissen, in welcher Beziehung die Variation der Declination zur Variation der Intensität stehe, und welche Beziehung zwischen der Richtung und Schwingungsweite der Störungen obwalte, welche die magnetischen Kräfte bei Nordlichtern erleiden. Die beiden Declinatorien befanden sich in einer Entfernung von ungefähr 200 Meter von einander. Die Curven der täglichen Variationen, welche durch die beiden verschiedenen Apparate erhalten wurden, haben eine so große Aehnlichkeit miteinander, daß man die Genauigkeit der erlangten Resultate nicht bezweifeln kann. Die Bussole der täglichen Variationen wurde auch ohne Unterbrechung vom September 1838 bis zum April 1839 von 2 zu 2 Stunden beobachtet, und noch häufiger zur Zeit der Erscheinung von Nordlichtern und um die Zeit der Maxima und Minima. So z. B. beobachtete man vom 20. Sept. bis zum 9. Octob. von Viertelstunde zu Viertelstunde, eben so vom 19. Dec. bis 8. Januar und endlich vom 16. März bis 5. April. Diese drei Reihen von je 20 Tagen gaben Resultate, aus denen sich Folgendes schließen läßt. In der ersten Reihe findet man, daß die Nadel ziemlich stationär ist von 11 h. *) Abends bis $7^1/_2$ h. Morgens. Dann beginnt sie sich westwärts zu bewegen, bis sie gegen $1^1/_2$ h. ihr Maximum der Ablenkung erlangt; dann geht sie rückwärts gen Ost bis um 11 Uhr Abends, aber so, daß sie niemals genau dieselbe Stellung wie am Tage zuvor einnimmt. Die mittlere Weite dieser Variation ist ungefähr 0° 15′. Während dieser Beobachtungsreihe gab es acht Nordlichter; bei der Berechnung der mittleren Weite wurden die Beobachtungen bei Seite gesetzt, auf welche diese Nordlichter oder irgend welche andere Ursachen Einfluß geübt hatten. Die mittlere Abweichung wurde 10° 9′ NW. gefunden.

Während der zweiten Beobachtungsreihe, vom 18. Dec. bis 8. Jan., stieg die Sonne (wie während des Winters überall in den Polargegenden) nicht über den Horizont und die Temperatur war bis auf — 24° C. heruntergegangen. Es wurden 16 Nordlichter beobachtet, welche im Gange der Nadel solche Störungen verursachten, daß man dem Gange der täglichen Variationen nicht zu folgen vermochte. Aufmerksame Prüfung der Resultate führt jedoch zu folgenden Ansichten: Während der Nacht war die Nadel niemals stationär; von 1 Uhr Morgens bis Mittag wich das Nordende gen West ab, aber die Weite des Bogens war so schwach, daß man den Augenblick des Maximums nicht mit Genauigkeit bestimmen konnte. Von 3 Uhr Abends bis 1 Uhr Morgens ging die Nadel wieder ostwärts; das Maximum der Weite der Schwingungsbogen war 5 bis 6 Minuten statt 15 Minuten, wie bei der ersten Beobachtungsreihe. Die mittlere Abweichung war 10° 15′ NW. Man hat die Bemerkung gemacht, daß die Ablenkungen der Nordspitze der Nadel gegen Ost häufiger in dieser als in der ersten Beobachtungsreihe vorkamen.

Während der dritten Beobachtungsreihe, vom 16. März bis 5. April, gab es 14 Nordlichter, welche den Gang der Nadel fast fortwährend störten. Das Minimum der Abweichung trat zwischen 6 und 8 h. Morgens ein, das Maximum gegen $1^1/_2$ h. Abends. Die Weite der täglichen Variation war 15 bis 16′. Diese Resultate sind denen der ersten Beobachtungsreihe analog und scheinen anzudeuten, daß die Rückkehr der Sonne einen Einfluß auf die Phänomene ausübte.

*) h bezeichnet hora Stunde, Uhr.

Die mittlere Abweichung war 10° 19′ NW., d. h. 10′ stärker als während des Zeitraums der ersten Reihe.

Diese Resultate zeigen, daß während der Nacht die Nadel in den Polargegenden lebhafter bewegt ist als in unseren Gegenden, und daß die Weite der Schwingungen minder bedeutend ist, als man anfangs vermuthete, indem sie 15 bis 16′ nicht überstieg, eine Weite, die in unsern Klimaten häufig übertroffen wird.

In den Philosoph. Transactions findet man zwei Reihen von Beobachtungen der täglichen Variationen in den Abweichungen der Nadel, die John Macdonald 1794 bis 1796 auf dem Fort Marlborough zu Sumatra und auf der Insel St.-Helena angestellt hat. Diese Beobachtungen scheinen zu beweisen: 1) daß die täglichen Variationen zwischen den Wendekreisen bedeutend geringern Spielraum haben als in Europa, und 2) daß in denselben Stunden, in denen auf der nördlichen Halbkugel das Nordende der Nadel gen West sich bewegt, die Bewegung auf der südlichen Halbkugel im entgegengesetzten Sinne erfolgt.

Die jüngeren Beobachtungen von Freycinet und Duperrey, von denen sogleich die Rede sein wird, bestätigen die erste dieser Behauptungen, obschon es richtig ist, daß kein Verhältniß zwischen den Weiten der Nadel und den geogr. Breiten der Beobachtungsorte stattzufinden scheint. Die zweite Behauptung wird im Allgemeinen durch die Beobachtungen bestätigt, welche bis jetzt in den gemäßigten Zonen und in einem Theile der heißen Zone gemacht wurden; aber man hat allen Grund anzunehmen, daß die Grenze der täglichen Variationen keineswegs mit dem Aequator, ja nicht einmal mit der Linie ohne Neigung (dem magnetischen Aequator) zusammenfällt. Zu dieser Ansicht berechtigen die Beobachtungen, welche Duperrey zu Payta, Offak und auf der Insel Ascension gemacht hat, wohin er sich während der Reise der Coquille zu dem einzigen Zwecke begeben hatte, die Frage, um die es sich handelt, zu prüfen. Capitän Freycinet hat auf der Reise der Urania die Variationen der Magnetnadel an sechs Ankerplätzen, aber nur von Stunde zu Stunde beobachtet. In der folgenden Tabelle sind die Mittel der an diesen sechs Stationen gemachten Beobachtungen zusammengestellt.

Ort und Datum	Geographische Lage: Breite	Geographische Lage: Länge v. Paris	Variationen der Declinationsnadel von Stunde zu Stunde: 1 h. Morg.	2 h. Morg.	3 h. Morg.	4 h. Morg.	5 h. Morg.	6 h. Morg.	7 h. Morg.	8 h. Morg.	9 h. Morg.	10 h. Morg.	11 h. Morg.	Mittag	1 h. Ab.	2 h. Ab.	3 h. Ab.	4 h. Ab.	5 h. Ab.	6 h. Ab.	7 h. Ab.	8 h. Ab.	9 h. Ab.	10 h. Ab.	11 h. Ab.	Mitternacht
Ile de France Juni 1818 . .	20° 9′ S.	55° 10′ O.	6′,56	6′,39	6′,74	6′,85	7′,54	7′,39	7′,74	7′,74	6′,76	5′,61	5′,02	5′,05	5′,61	6′,85	7′,38	7′,47	6′,60	6′,30	6′,60	6′,24	6′,10	6′,47	5′,83	6′,29
Coupang, Insel Timor, October 1818 . . .	10 10 S.	121 15 O.	16,32	16,72	16,40	15,73	16,12	16,78	18,83	20,20	19,86	18,74	17,53	15,57	15,62	15,42	15,32	14,35	14,82	14,95	15,39	15,65	15,65	15,84	16,77	16,20
Insel Rawak, Insel Waigiou Dec. 1818 . .	0 1 S.	128 35 O.	16,82	16,92	16,75	16,57	16,42	15,67	15,42	15,95	16,45	16,67	16,97	17,53	17,83	18,33	18,27	18,00	17,95	17,63	17,52	17,95	18,55	18,07	17,45	16,95
Guam zu Agagna, Marianen, Mai 1819.	13 29 N.	142 28 O.	15,98	16,02	15,88	15,88	15,92	15,63	15,90	16,35	16,87	17,47	17,85	17,75	17,54	17,10	16,96	16,17	15,72	16,40	16,28	16,35	16,47	16,30	16,25	16,12
Mowi, Sandwich-Inseln, Aug. 1819 . .	20 52 N.	159 0 W.	15,63	16,93	16,50	16,35	15,85	15,25	12,57	15,50	15,93	20,07	21,83	21,97	23,15	18,67	18,00	18,17	17,60	18,10	19,75	18,15	17,40	16,47	17,17	16,60
Port-Jackson in Neu-Holland Dec. 1819 . .	33 52 S.	148 50 O.	24,20	24,05	23,08	24,20	24,63	25,97	26,56	27,82	28,23	26,63	24,63	23,45	20,75	19,54	19,60	20,60	21,53	22,27	23,12	23,32	23,45	23,72	24,24	24,07

Duperrey war während seiner Reise auf der Coquille mit einer ausgezeichneten Bussole von Gambey versehen, welche ihm vom Längen-Bureau anvertraut worden war. Diese Bussole (vgl. d. Art. Declinatorium) stand fest auf einer Steintafel von 0m,03 Dicke. Das Mikroskop befand sich über dem Nordende der Nadel, die Theilung wurde mit ihm zugleich fortgerückt. Der Vernier war unbeweglich und saß am Gestelle des Instrumentes fest. Die Theilungen der beweglichen Zunge gingen kreuzweis von links nach rechts, d. h. sie nahmen zu, wenn das Nordende der Nadel nach Osten sich bewegte. Diese Theilungen, welche mit Hülfe des Vernier Hundertel Millimeter ausdrückten, waren auf Theile des Grades eines Kreises reducirt, dessen Halbmesser der halben Länge der Nadel, die 250 mm betrug, gleich war. Die Nadel war an ungedrehten Seidenfäden aufgehängt und trug auf ihrem Nordende ein Plättchen von Elfenbein, auf welchem sich die Richtlinie befand, die man mit dem Mikroskop verfolgte. Die Bewegungen dieser Nadel wurden sorgfältig von 15 zu 15 Min. und mehrere Tage hinter einander notirt. Nimmt man auf die Bewegung der Nadel nach Mittag keine Rücksicht, so erhält man aus diesen Beobachtungen folgende Resultate:

Vom 11. bis 18. März 1823. — Zu Payta, welches südlich vom wahren Aequator und 2° nördlich vom magnetischen Aequator liegt, bewegte sich das Nordende der Nadel gen Westen von 8 h. Morgens bis Mittag und der durchlaufene Bogen betrug 1′ 0″; die Sonne ging 3° nördlich von dem Beobachtungsorte durch den Meridian.

Vom 6. bis 10. September 1823. — Zu Offak (Insel Waigiou), unter dem wahren Aequator und 6° 52′ südlich vom magnetischen Aequator, bewegte sich das Nordende der Nadel gen Westen von 7 h. bis 11½ h. Morgens, und der durchlaufene Bogen betrug 4′ 25″ in dieser Richtung; die Sonne ging 6° 20′ nördlich von dieser Station durch den Meridian.

Vom 17. bis 23. October 1824. — Auf Ile de France, südlich vom wahren Aequator und 33° 30′ südlich vom magnetischen Aequator, bewegte sich das Nordende der Magnetnadel westwärts von 7 h. bis 9½ h. Morgens, gen Osten von 9½ h. Morgens bis 2 h. Nachmittags, und von da an bis 6 h. Abends endlich wieder gen Westen. Der größte durchmessene Bogen betrug 6′ 5″ ostwärts; die Sonne ging 10° nördlich vom Beobachtungsorte durch den Meridian.

Vom 4. bis 11. Januar 1825. — Auf der Insel St.-Helena, welche südlich vom wahren Aequator und 7° 40′ südlich vom magnetischen Aequator liegt, bewegte sich das Nordende der Nadel gen Osten von 7 h. Morgens bis Mittag und der durchlaufene Bogen betrug 7′ 10″ in dieser Richtung; die Sonne ging 6° 25′ südlich vom Beobachtungsorte durch den Meridian.

Vom 19. bis 23. Januar 1825. — Auf der Insel Ascension, welche südlich vom wahren Aequator und 1° nördlich vom magnetischen Aequator liegt, bewegte sich das Nordende der Nadel gen Osten von 7 Uhr Morgens bis Mittag und durchlaufene Bogen betrug 4′ 4″ in dieser Richtung; die Sonne ging 12° südlich vom Beobachtungsorte durch den Meridian.

Die angegebenen Thatsachen deuten alle darauf hin, daß die Variationen der Magnetnadel, sowohl die jährlichen, als die täglichen, der Wirkung der Sonnenwärme zuzuschreiben seien; denn es hat sich gezeigt, daß es, was die jährlichen Variationen betrifft, in Europa ein Maximum der Abweichung giebt in der Nähe des Winter-Solstitiums und ein Minimum derselben in der Nähe des Sommer-

Solstitiums, und daß die Nadel in unsern Klimaten während der Nacht stationär ist und nicht eher sich in Bewegung zu setzen beginnt, vorausgesetzt, daß ihr Nordende westwärts gerichtet ist, als wenn die Sonne über den Horizont sich erhebt.

Duperrey sagt, wenn die Sonne sich erhebt, so erwärmt sie nach und nach alle Punkte des Horizonts im Osten des Beobachtungsortes; die magnetische Intensität vermindert sich in dem Maße, in welchem die Wärme sich vermehrt; die Folge ist, daß die isodynamische Linie, welche durch diesen Ort geht, sich beugt, indem sie sich vom Aequator entfernt, und sich gen Norden oder Süden erhebt, je nachdem der Beobachtungsort auf der nördlichen oder südlichen magnetischen Hemisphäre liegt. Die Magnetnadel, welche stets senkrecht gegen diese Linie gerichtet ist, folgt dieser Bewegung und die Nordspitze derselben bewegt sich daher auf der nördlichen Hemisphäre gen West und auf der südlichen Hemisphäre gen Ost. Wenn die Sonne durch den Meridian gegangen ist, so erkaltet der Horizont im Osten und erwärmt sich im Westen. Die isodynamische Linie verändert abermals ihre Lage, geht in ihre frühere Lage zurück und geht im entgegengesetzten Sinne über sie hinaus. Die Nadel folgt dieser Bewegung und richtet ihre Nordspitze auf der nördlichen Hemisphäre ostwärts, auf der südlichen westwärts. Befindet sich der Beobachtungsort unter dem Aequator oder in geringer Entfernung von demselben, so bewegt sich die Nordspitze der Nadel allmorgentlich westwärts oder ostwärts, je nachdem die Sonne südlich oder nördlich von dem Beobachtungsorte durch den Meridian geht. Diese Erscheinung stimmt mit dem angegebenen Princip überein; denn da der magnetische Aequator die Linie ist, welche durch diejenigen Punkte aller Meridiane geht, in denen die magnetischen Intensitäten am kleinsten sind, so muß er nothwendig alle Tage seine Lage verändern, indem er sich gegen den Parallelkreis zu erhebt, durch welchen die Sonne an diesem Tage sich bewegt. Duperrey hat seine Theorie auf alle bisher bekannten Beobachtungen zu stützen gesucht und leitet daraus ab, daß die Südhälfte der Erde um ungefähr einen Grad kälter als die Nordhälfte derselben sei.

Außer den regelmäßigen Variationen der Richtung der Magnetnadel giebt es noch unregelmäßige Schwankungen derselben. Besonders die Polarlichter bewirken solche plötzliche Störungen der Abweichung, und zwar nicht bloß an den Orten, wo sie gesehen werden, sondern auch in Gegenden, welche sehr entfernt von dem Orte ihres Auftretens sind. Es giebt aber auch noch andere Naturerscheinungen, welche die Richtung der Declinationsnadel irritiren, z. B. die vulkanischen Ausbrüche und die Erdbeben. So beobachtete de la Torre während eines Ausbruchs des Vesuv Veränderungen der Abweichung von mehreren Graden.

Becquerel giebt folgende Zusammenstellungen von Polarlichterscheinungen, welche mit Störungen der Declinationsnadel, zum Theil an sehr weit entfernten Orten, verknüpft waren, auf Grund der Mittheilungen der Annales de Chimie.

Den 29. April 1826 erblickte man zu Carlisle und in Roxburyshire einen leuchtenden Bogen, der von einem Nordlichte herrührte *). An demselben Tage war zu Paris um 7 h. 50′ Abends die Nordspitze der Nadel der täglichen Variationen 4′ ostwärts von ihrer gewöhnlichen Stellung abgewichen; um $8^1/_2$ h.

*) Ann. de Chim. T. XXXIII. p. 621.

hatte sie sich durch eine schnelle Bewegung wieder der westlichen Stellung genähert, um $11^1/_2$ h. hatte sie bis auf etwa eine halbe Minute wieder ihre erste Stellung eingenommen.

Dalton schrieb am 22. Nov. an Arago: „Man hat im nördlichen England und Schottland den 29. April 1826 zwischen 8 und 10 Uhr Abends ein sehr bemerkliches Nordlicht beobachtet. Es hatte die Gestalt eines Regenbogens und umfaßte im Firmament den Raum zwischen dem magnetischen Osten und Westen. Dieser Bogen blieb beinahe eine Stunde lang fast ganz unverrückt, wenigstens war seine Bewegung in der Richtung von Nord nach Süd ganz unmerklich *).“

Den 9. Januar 1827 sah Marshal zu Kendal in England ein brillantes Nordlicht **). An demselben Tage war der Gang der Declinationsnadel zu Paris sehr unruhig. Schon um 2 Uhr Nachmittags war die Nordspitze derselben um $4^1/_2$ Min. westlicher als gewöhnlich; die Abweichung erhielt sich in demselben Sinne bis $7^1/_2$ Uhr; aber um 11 h. 5′ war die Abweichung im Gegentheile um $3^1/_2$′ kleiner als an den vorhergehenden Tagen. Auch die Inclinationsnadel war unregelmäßigen Schwankungen unterworfen.

Den 27. Aug. Abends bemerkte man zu Perth im nördlichen Schottland ein Nordlicht. Die Lichtschüsse waren sehr schnell, sie bedeckten einen Augenblick fast den ganzen Himmel. In Paris fand Arago an demselben Tage um 1 h. 6′ die Nordspitze der Magnetnadel um 10′ weiter westlich gerückt, als bei ihrer gewöhnlichen Stellung, sie erlitt überdies unregelmäßige Schwankungen. Abends dagegen um $9^1/_2$ h. war die Abweichung um ungefähr 8 Minuten kleiner als zu derselben Zeit an den vorhergehenden Tagen; der Himmel war stark bewölkt ***).

Nordlicht am hellen Tage †). Der Morgen des 9. Sept. 1827 war regnerisch, der Wind blies aus Nordost; kurz vor Mittag wendete sich der Wind nach West, im Nordwest zerstreute sich das Gewölk und der erhellte Theil des Himmels nahm die Gestalt eines vollkommen scharf begrenzten Kreissegments an, welches sich allmälig bis zu 20° Höhe erhob. Außerhalb desselben blieb der Himmel bewölkt. In der kreisförmig begrenzten blauen Zone bemerkte man von Zeit zu Zeit Schüsse eines schwachen weißlichen Lichtes. Abends zwischen 9 und 10 Uhr sah man ein sehr glänzendes Nordlicht. An demselben Tage war die Nadel der täglichen Variationen zu Paris sehr merklich gestört, Morgens und Abends und ebenso Nachmittags. Zwischen 1 h. 30′ und 2 h. z. B. verminderte sich die Abweichung um fast 7′; um $6^1/_4$ h. war sie ungefähr 12′ kleiner als gewöhnlich.

Den 30. Sept. 1828 hat Burney zu Plymouth ein Nordlicht beobachtet; die Abweichungsnadel war den ganzen Tag über stark gestört. Um $8^3/_4$ h. Morgens übertraf die Abweichung die des vorhergehenden und der folgenden Tage um mehr als 21′ ††).

Den 1. Dec. desselben Jahres Abends 6 h. wurde von Blackwall zu Manchester ein Nordlicht beobachtet. An demselben Tage erlitt die Declinationsnadel zu

*) Ann. de Chim. T. XXXVI. p. 404.
**) Ann. de Chim. T. XXXVI. p. 405.
***) Ann. de Chim. T. XXXVI. p. 408.
†) Journ. de l'Institution roy. Janv. 1828. p. 489.
††) Ann. de Chim. T. XXXIX. p. 419.

Paris merkliche Störungen. Des Morgens war die Abweichung größer, Abends dagegen kleiner, als gewöhnlich; um 11 h. 28′ betrug die Störung über 22′.

Am 26. Sept. 1828 wurde zu Albany, Auburn, Lowville, Clinton rc. ein Nordlicht gesehen. An demselben Tage Abends 10 h. war die Abweichung der Nadel zu Paris um 9′ kleiner als gewöhnlich *).

Farquharson beobachtete zu Aberdeenshire (Vereinigte Staaten v. N.-A.) im Jahr 1829 mehrere Nordlichter am 6., 11. und 25. Oct., am 17., 18. und 19. Nov., am 14. Dec. Selten, sagt Arago, war die Nadel so häufig und stark gestört als während der drei letzten Monate des Jahres 1829. An folgenden Tagen nämlich waren die Störungen so bedeutend, daß man sie als Wirkungen von Nordlichtern betrachten muß:

im October am 4., 9., 10., 11., 12., 21., 22., 24., 25. und 30.;
im November am 10., 13., 14., 16., 17., 18., 19., 24. und 26.;
im December am 7., 14., 19., 20., 21. und 23.

Im Jahre 1830 kamen folgende hierher gehörige Fälle vor **):

25. Jan. 1830. Aberdeenshire. Eine Reihenfolge von Nordlichtsbogen, welche sich wenig erhoben; von Zeit zu Zeit glänzende Schüsse. Zu Paris war die Nadel um 1 h. Nachmittags ungefähr 3′ westlich von ihrer gewöhnlichen Stellung. Abends um 9 h. wich die Nadel im entgegengesetzten Sinne oder gegen Osten, jedoch nur um $1^1/_2$′ ab. Farquharson zu Aberdeenshire beobachtete keine Störung der Nadel, stellte aber seine Beobachtungen wahrscheinlich nur des Abends an.

28. Jan. 1830. Kendal (England). Sehr glänzendes Nordlicht. Stand der Nadel zu Paris:

um 6 h. 15′	Abends	Ablenkung	westlich	fast 8′;
„ 8 h. 25′	„	„	östlich	4′;
„ 8 h. 27′	„	„	„	fast 10′;
„ 8 h. 30′	„	„	„	über 12′;
„ 8 h. 35′	„	„	„	fast 10′;
„ 8 h. 37′	„	„	„	„ 9′;
„ 8 h. 45′	„	„	„	„ 4′;
„ 8 h. 52′	gewöhnlicher Stand.			

Zu Alford (Aberdeenshire) zeigte die Nadel Farquharson's
um 8 h. die gewöhnliche Stellung;
„ 8 h. 30′ eine östliche Ablenkung um 21′ 30″;
„ 9 h. 55′ Oscillationen in einer Ausbreitung von 30′.

19. Febr. Kendal. Glänzendes Nordlicht, aber ohne Strahlenschüsse. Zu Paris: heftige Störung der Nadel von Morgens bis 3 h. und östliche Ablenkung Abends um $9^3/_4$ h.

18. März. Manchester. Lebhaftes und hohes Nordlicht; zu Paris: um 6 h. 40′ Abends östliche Ablenkung der Nadel aus ihrer gewöhnlichen Richtung um mehr als 17′.

24. März 1830. Aberdeenshire. Sehr glänzendes Nordlicht. Zu Paris erlitt die Nadel keine Ablenkung, weder des Morgens noch des Abends. Die Nadel Farquharson's dagegen wurde bedeutend irritirt:

---

*) Ann. de Chim. T. XLII. p. 353.
**) Ann. de Chim. T. XLV. p. 409.

um 9 h. 5′ um 32′ gen West;
gegen 9 h. 10′ um 25′ gen Ost;
gegen 9 h. 15′ um 34′ gen West.

19. April. Manchester. Sehr glänzendes Nordlicht von 9 h. Abends bis Mitternacht. Zu Paris nur um 1 h. Nachmittags die Nadel um 3′ westlicher als gewöhnlich, um 10 h. 40′ Abends wich dagegen die Nadel ostwärts um mehr als 12′ ab. Der Himmel war heiter, aber man nahm von dem Nordlichte nichts wahr.

5. Mai. Petersburg. Zu Paris große Verwirrung der Magnetnadel während des ganzen Abends.

Um 8 h. 5′ (wahre Zeit) mehr als		7′	gen Ost
„ 9 h. 10′	. . . .	5	„ „
„ 10 h. 10′	. . . .	5	„ „
„ 10 h. 45′	. . . .	17	„ „
„ 10 h. 50′	. . . . über	9	„ „
„ 11 h. 0′	. . . . über	9	„ „
„ 11 h. 10′	. . . .	11	„ „
„ 11 h. 30′	. . . .	17	„ West
„ 11 h. 40′	. . . .	8	„ Ost
„ 11 h. 45′	. . . .	13	„ „
„ 11 h. 52′	. . . . über	14	„ „
„ Mitternacht	. . . . über	14	„ „

Noch den anderen Tag war die Nadel gestört, aber mit westlicher Ablenkung, um $9^3/_4$ h. ungefähr um 9′. Am Abend des 5. erlitt auch die Neigungsnadel zuweilen auf Augenblicke Variationen von 3 bis 4′. Zu Petersburg zeigte die Nadel Kuppfer's große Unruhe in der Nacht vom 5. zum 6. Mai. Doch scheint der Gang derselben mit dem der Nadel zu Paris nicht übereinstimmend gewesen zu sein.

16. October. Gosport. Langer Lichtschuß. Zu Paris: starke östliche Ablenkung der Nadel um 6 h. 50′ Abends; heiterer Himmel, aber man sah keine Spur eines Nordlichtes.

17. Octob. Nordlicht, das keine aufsteigende Säule hervorbrachte. Zu Paris zwischen $7^3/_4$ h. und 9 h. 39′ hielt sich die Nadel ununterbrochen in einer Stellung östlich von ihrer gewöhnlichen. Der Himmel war heiter, aber man sah keine Spur eines Nordlichtes.

1. Nov. Ebend. Sehr glänzendes Nordlicht, sehr sichtbare Lichtschüsse, trotz dem Mondscheine. Zu Paris: um 9 h. Abends war die Nadel ungefähr 8′ östlich von ihrer gewöhnlichen Richtung.

4. Nov. Ebend. Nordlicht, sichtbar von 7 h. Abends an. Die Lichtschüsse bilden sich erst um 8 h. und steigen bis zu 22° Höhe. Das Phänomen verschwindet um 9 h. Zu Paris erfuhr die Nadel um 1 h. Nachmittags eine merkliche Ablenkung gen Westen. Um 7 h. 40′ begann östliche Ablenkung. Um 7 h. 55′ war diese Störung ansehnlich; sie bestand noch um 10 h. 15′.

17. Dec. Ebend. Glänzendes Nordlicht; Lichtschüsse von nahebei 30° Höhe. Zu Paris um 8 h. Abends war die Nadel östlicher als gewöhnlich.

12. Dec. Ebend. Schwaches Nordlicht. Zu Paris war die Nadel um $6^3/_4$ h. Abends bedeutend ostwärts aus ihrer gewöhnlichen Stellung abgelenkt. Den folgenden Tag um 8 h. Morgens war die Ablenkung auch sehr merklich, aber westlich.

Farquharson glaubt die Bemerkung gemacht zu haben, daß die Störung der Magnetnadel sich nicht eher zeigt, als zu der Zeit, wo in ihrer aufsteigenden Bewegung die leuchtenden Theile des Nordlichtes die Ebene erreichen, welche auf dem magnetischen Meridian senkrecht steht und durch die Neigungsnadel geht; aber Arago meint, diese Annahme sei auf unsere Klimate nicht anwendbar. In der That hat auch fast stets ein Nordlicht, welches bei seiner Erscheinung Abends die Nordspitze der Nadel ostwärts ablenken wird, schon des Morgens eine Störung derselben im entgegengesetzten Sinne bewirkt. Man wird überdies, fügt Arago hinzu, die Bemerkung machen, daß es vorkommt, daß das Nordlicht zu Paris sich merkbar macht, wenn es sich auch nicht über den Horizont erhebt.

Zu Bossekop, im nördlichsten Theile von Europa, da wo die Nordlichter in ihrem vollen Glanze erscheinen, hat man die Bemerkung gemacht, daß, wenn die Nordlichter nur noch unvollkommen ausgebildet sind, die Störung der Magnetnadel nur schwach, oft gar nicht vorhanden ist; aber sobald die strahlenden Bogen oder die einzelnen Strahlenbündel lebhaft und gefärbt werden, so macht sich die Wirkung auf die Magnetnadel 1 bis 3′ nach ihrer Erscheinung merkbar, und dann ist es schwer, den großen Oscillationen der Nadel zu folgen, welche oft mehrere Grade umfassen. Die größten Ablenkungen der Nadel zeigen sich, wenn die Nordlichtskrone, gebildet von Strahlen, welche im magnetischen Zenith zusammenstoßen, den Glanz der Sterne erster Größe schwinden macht und das Phänomen seine größte Pracht entwickelt. Die Mitglieder der oben erwähnten franz. wissenschaftlichen Commission haben bemerkt, daß zuweilen die Nadel vollkommen ruhig bleibt bis zu dem Moment, wo das Nordlicht erscheint, und sogar noch eine Zeitlang, wenn das Phänomen bereits über den Horizont gestiegen ist. Oft auch kommt es vor, daß die Nadel das Nordlicht man kann sagen vorausverkündigt durch ihre anomale Bewegung nach Westen im Verlaufe des Tages. Im Allgemeinen wird die Abweichung größer vor dem Nordlichte und sogar oft bis dahin, wo das Phänomen einen gewissen Grad der Intensität erlangt hat; dann beginnen die großen Oscillationen, worauf sich die Nadel sehr regelmäßig ostwärts bewegt; sie geht über ihre normale Stellung hinaus und kehrt zu dieser erst einige Stunden später zurück, wenn nicht ein neues Nordlicht aufs neue ihren Gang stört. Lottin bemerkt, daß diese Regeln nicht ohne Ausnahmen sind; jedenfalls ist soviel gewiß, daß die Nordlichter nicht nur in den Gegenden, in denen sie sichtbar sind, sondern auch in fernen Gegenden, in denen sie nicht gesehen werden, einen mächtigen Einfluß auf die Magnetnadel ausüben.

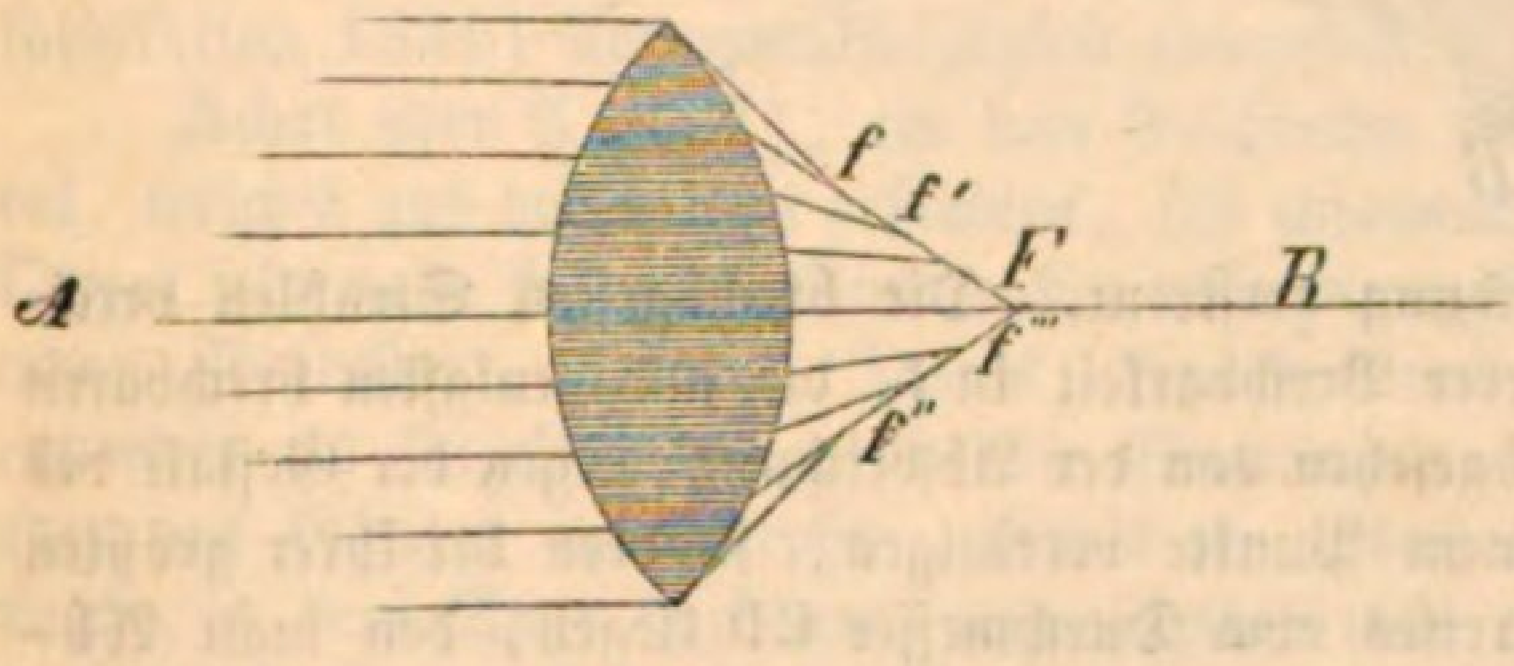
In der vorhergehenden Abhandlung über die Abweichung der Magnetnadel *) sind vorzugsweise solche Beobachtungen zu Grunde gelegt worden, welche mit Hülfe von Declinatorien angestellt worden sind. Die Lehre vom Erdmagnetismus, und also auch von der Abweichung der Magnetnadel, hat aber die großartigsten Erweiterungen gefunden, seitdem durch Gauß und Weber neue Methoden der Beobachtung aufgestellt worden, von denen und von deren Resultaten in den Artikeln

*) Nach Becquerel traité de l'électricité et du magnétisme. Tom. VII. p. 206 ff.

Magnetometer und **Magnetismus der Erde** die Rede sein wird. Die Literatur s. unter **Magnetismus der Erde.**

Abweichung (optische) oder **Abirrung des Lichtes bei Gläsern und Spiegeln** (lat. aberratio lentium et speculorum; franz. aberration des verres et des miroirs; engl. aberration) nennt man in der Dioptrik und Katoptrik einen gewissen Uebelstand, der darin besteht, daß die von *einem* Punkte ausgegangenen Lichtstrahlen nach der Brechung durch Linsengläser oder nach der Zurückwerfung von Hohlspiegeln nicht wieder genau in *einem* Punkte vereinigt werden. Diese Abweichung ist aber von doppelter Art: eine **Abweichung wegen der Kugelgestalt** der Gläser und Spiegel, und eine **Abweichung wegen der verschiedenen Brechbarkeit der Farbenstrahlen** bei Gläsern.

A) Die **Abweichung wegen der Kugelgestalt** oder **sphärische Abweichung** (von dem griech. σφαῖρα, Kugel) entsteht dadurch, daß die in und zunächst bei der Mitte eines Linsenglases einfallenden Strahlen zwar nach der Brechung wieder in einem Punkte vereinigt werden, daß aber die mehr nach dem Rande des Glases zu auffallenden Strahlen nach der Brechung um so weiter hinter jenem Punkte vorbeigehen, sich also desto später vereinigen, je entfernter von der Mitte des Glases die Strahlen auf das Glas aufgefallen waren. Wir wollen dies durch eine Zeichnung erläutern. Auf die Linse L fallen mehrere Strahlen, welche gebrochen werden, indem sie in die Linse eindringen; schneiden die der Axe AB nächsten dieselbe in F, so werden die anderen mehr abweichenden einander in f', f, f''', f'' schneiden. Alle diese Durchschnittspunkte werden zusammen zu beiden Seiten der

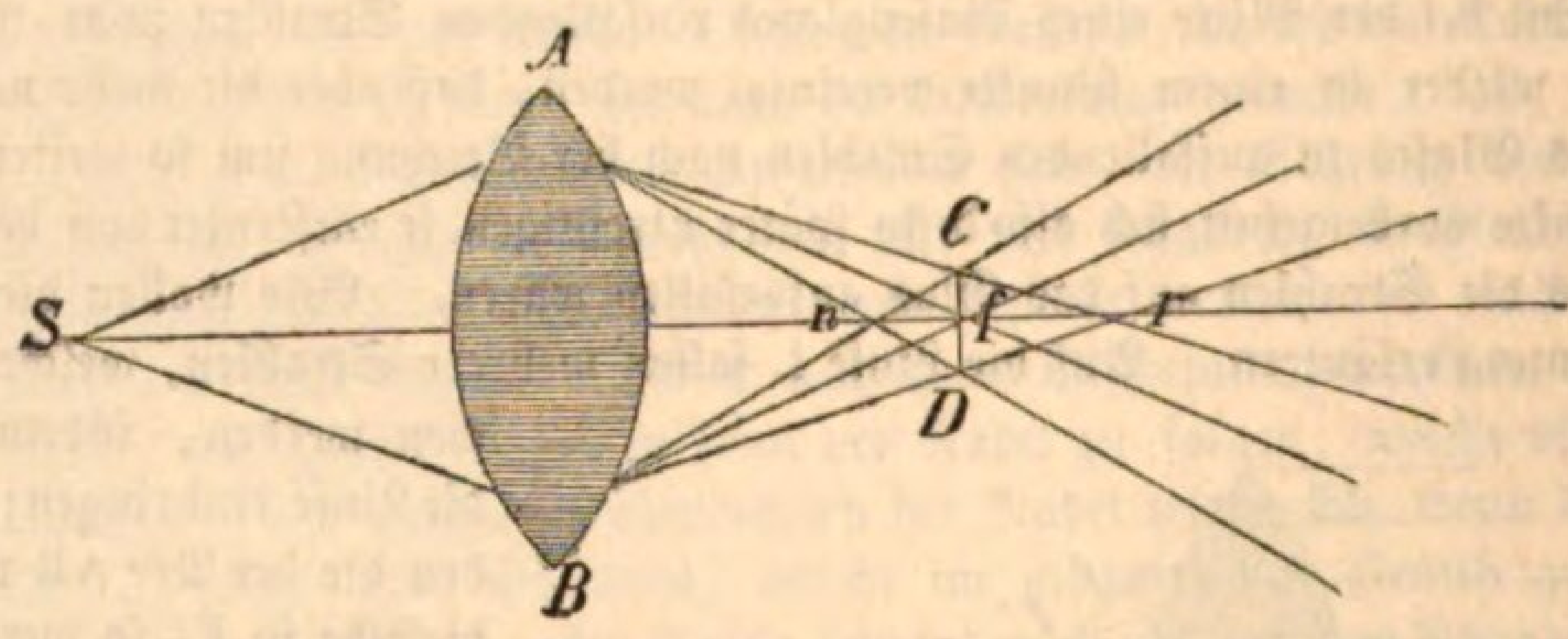


Axe eine krumme Linie ff'Ff'''f'' bilden, welche man **Brennlinie** nennt. Wegen dieser Abweichung geben nur die wenig von der Axe abstehenden Strahlen hinter der Linse ein deutliches Bild des leuchtenden Punktes. Man kann indeß dieselbe nach **Herschel** dem Jüngeren *) durch Aneinanderstellung zweier Linsen von bestimmten Krümmungen gänzlich aufheben, und bei einzelnen Gläsern läßt sie sich wenigstens außerordentlich verringern. Bei einer gleichseitigen Linse ist die Abweichung größer als bei einer ungleichseitigen, bei dieser größer, wenn die weniger gekrümmte Seite gegen das Object gekehrt ist, als wenn das Gegentheil stattfindet; bei einer Convexplanlinse oder bei einer Concavplanlinse, deren Planseite gegen das Auge gewendet wird, ist die Abweichung fast die möglich geringste. Immer aber muß wegen dieser Abweichung das *einfache* Objectivglas eines Fernrohrs eine Bedeckung seiner Randgegend erhalten, damit verhältnißmäßig nur geringe Undeutlichkeit des Sehens entsteht. — Bei Hohlspiegeln läßt sich die Größe der Abweichung bestimmen, indem man die Lage des reflectirten Strahls für den gegen den Rand des Spiegels hin auffallenden Strahl berechnet. Die Entfernung des Einschnittes jenes Randstrahls in die Axe heißt die **Abweichung nach der Länge**, die Distanz dieses Randstrahls aber, seitwärts jenes Bildes,

*) Philos. Transact. for 1821. p. 296.

von der Axe die **Seitenabweichung**. Hat ein Hohlspiegel keinen zu großen Durchmesser, so ist die Abweichung nach der Länge dem Quadrate und die Seitenabweichung der dritten Potenz des den Spiegeldurchmesser ausdrückenden Bogens proportional. Deshalb dürfen die sphärischen Hohlspiegel der Spiegelteleskope verhältnißmäßig nur geringe Oeffnungen erhalten; parabolische Spiegel haben eine weit geringere Abweichung und vertragen daher größere Oeffnungen.

B) **Die Abweichung wegen der Brechbarkeit, chromatische Abweichung** (v. d. griech. *χρῶμα*, Farbe). Die Brechbarkeit des Lichtes hängt mit seiner Eigenschaft, die Empfindung einer bestimmten Farbe zu erregen, innig zusammen, deswegen tritt bei jeder Brechung auch eine Farbenzerstreuung ein. Wo ein Lichtstrahl von seiner Bahn bedeutend abgelenkt wird, da ist der Einfluß dieser Zerstreuung auf die Deutlichkeit und Färbung des Bildes sehr groß. Es sei S ein leuchtender Punkt, der weißes Licht auf die Sammellinse AB sendet.



Dieses Licht wird bei der Brechung zerstreut. Die brechbarsten Strahlen vereinigen sich in n, die von mittlerer Brechbarkeit in f, die am wenigsten brechbaren in r, so daß alle zusammen, abgesehen von der Abweichung wegen der Gestalt des Glases, sich nicht mehr in einem Punkte vereinigen, sondern bei ihrer größten Vereinigung innerhalb eines Kreises vom Durchmesser CD liegen, den man **Abweichungskreis** nennt. Stellt man ein dünnes Plättchen mit einer feinen runden Oeffnung nahe an den Brennpunkt einer Sammellinse, die in einem verfinsterten Zimmer einen eindringenden Lichtkegel auffängt, so werden einige der farbigen Strahlen aufgehalten, während die anderen durch die Oeffnung gehen und auf einer Tafal aufgefangen ein schönes Farbenspiel gewähren. Diese Erscheinung wird noch schöner, wenn man statt der runden Oeffnung eine ringförmige nimmt. Die **chromatische Abweichung** ist bei gewöhnlichen Linsen in der Regel viel größer als die **sphärische**, und sie würde den Bildern alle Deutlichkeit nehmen, wenn nicht das Licht am Mittelpunkte f des Abweichungskreises am stärksten wäre und nach dem Umfange zu mehr und mehr abnähme. Nach dem Obigen hat eine convex-convexe Linse mit den Halbmessern R und r ihrer Oberflächen für verschiedene Farbenstrahlen verschiedene Brennpunkte. Wenn daher m das Brechungsverhältniß, f die Brennweite der gedachten Linse bezeichnet, so kann

$$f = \frac{m R r}{(1-m)(R+r)}$$ für die von **einem** Punkte ausgehenden Strahlen nur für einfarbige Strahlen denselben Werth haben. Weil aber die Sonnenstrahlen für die rothen, violetten, blauen ꝛc. Strahlen verschiedene Vereinigungspunkte geben, so erhält man nirgends ein ganz reines Bild, sondern jenen, oben Abweichungskreis genannten farbigen Kreis. — Diese Abweichung nun ist, wie eine

einfache Rechnung leicht zeigen wird, weit bedeutender, als die aus der sphärischen Gestalt der Gläser entspringende, unter A) angeführte Abweichung. Sie ist die Ursache, warum in gemeinen Fernröhren, d. h. in denjenigen, welche bloß einfache Objective haben, die durch dieselben betrachteten Bilder der Gegenstände mehr oder weniger farbige (meistens rothe und blaue, auch gelbe) Ränder zeigen. Diese chromatische Abweichung nun läßt sich aber nur durch zusammengesetzte Objectivgläser (achromatische, aplanatische und dialytische Objective) fast ganz aufheben. — Man mißt übrigens die Größe der Undeutlichkeit, die von einer der beiden Arten der Abweichung entsteht, durch den Halbmesser desjenigen Kreises, in welchem sich die Strahlen vereinigen, die, wenn es keine Abweichung gäbe, in einem Punkte vereinigt sein würden. Dieser Halbmesser wird der Halbmesser der Undeutlichkeit genannt. Vgl. d. Art. Linse u. d. Art. Spiegel. J.

Abweichungskreis, s. Abweichung (astronomische, optische).

Accord, s. Schall.

Acetometer nennt man eine Vorrichtung, mittelst deren man den Säuregehalt des Essigs bestimmen kann. Man bedient sich hierzu gewöhnlich eine alkalischen Lösung, von welcher man so lange zusetzt, bis eine Lackmustinctur sich blau färbt, und berechnet dann aus dem bekannten Gehalte der Alkalilösung die Menge der vorhandenen Säure. Man kann zur Neutralisation nach Belieben kohlensaures Kali oder Natron, oder mit Völker Kalkwasser, oder mit Otto (Lehrb. der Essigfabrikation 1840) Ammoniakflüssigkeit anwenden. E. W.

Achat oder Agat *), ein dem Geschlechte des Quarzes angehöriges Mineral, welches aus verschieden gefärbten, fest zusammengewachsenen, kieseligen, dem Quarz sehr nahe stehenden Steinmassen zusammengesetzt ist, namentlich aus Chalcedon, Feuerstein, Carneol, Jaspis, Amethyst und Quarz. Die Achate kommen entweder als Kugeln vor, welche die Blasenräume von Mandelsteinen ausfüllen, oder auf Gängen im Porphyr, Gneis ꝛc. Nach den verschiedenen Zeichnungen, welche er dem Auge darbietet, unterscheidet man verschiedene Arten von Achat, namentlich Bandachat, Trümmerachat, Festungs- oder Fortificationsachat, Röhrenachat, Landschaftsachat, Jaspachat. Der Achat nimmt vermöge seiner Härte eine schöne Politur an, wird deswegen häufig zu allerlei Schmucksachen verarbeitet und ist dem Chemiker und Physiker dadurch besonders wichtig, weil aus diesem Material sehr häufig die zum Pulverisiren harter Körper benutzten Mörser verfertigt sind. Mac Culloch **) hat mitgetheilt, daß, wenn man den Achat mit Oel kocht und sodann in concentrirter Schwefelsäure erhitzt, einige Streifen sich schwarz, andere heller färben und andere unverändert bleiben; ein Verfahren, welches früher von den Steinschleifern als großes Geheimniß bewahrt wurde, ebenso wie die Kunst, den Achat mit sehr feinen weißen Linien zu verzieren; man überzieht, wenn man das Letztere bezweckt, den Stein mit einer Schicht kohlensauren Natrons und glüht ihn, wodurch sich an einigen Stellen ein weißes trübes Email bildet. Der den Achat und andere Gesteine färbende Stoff ist oft organischer Natur, weswegen der Stein beim Glühen zuweilen ganz oder zum Theil seine Farbe verliert und weiß wird (Gaultier de Claubry, Scherer, Rose, Wolff). E. W.

---

*) Der Name soll von dem Fundorte, dem Flusse Achates in Sicilien, herrühren.
**) Ann. de Ch. et de Ph. XIII. 110.

Achromatische Linsen, s. Linsen.

Acidimetrie pflegt man im Allgemeinen den Inbegriff der verschiedenen Methoden zu nennen, welche man anwendet, um den Säuregehalt irgend einer Flüssigkeit zu erfahren. Man erreicht diesen Zweck, je nach den Umständen, durch Bestimmung des specifischen Gewichtes, des Siedpunktes, der Lichtbrechung oder, wie beim Acetometer (s. d. Art.) angegeben, durch genaue Neutralisation der Flüssigkeit mit einer alkalischen Lösung. Namentlich zum Behuf der Berechnung des Gehaltes aus dem specifischen Gewichte hat man für mehrere der wichtigsten Säuren Tabellen entworfen, die jedoch eine große Genauigkeit des Resultates selten gestatten.
E. W.

Ackererde (Dammerde) ist der Grund und Boden, in welchem die Pflanzen mittelst ihrer Wurzeln befestigt sind und aus welchem sie einen wesentlichen Theil ihrer Nahrungsmittel in sich aufnehmen. Wenngleich hier der Ort nicht ist, ausführlich auf die Wirkungsart der verschiedenen Bodenarten einzugehen, so halten wir es doch dem Zwecke dieses Werkes für angemessen, in der Kürze über die Entstehung der Ackererde einige Mittheilungen zu machen, an welche die Beschreibung der physikalischen Eigenschaften, sowie eine kurze Anleitung zur chemischen Analyse derselben sich wird anschließen können.

1) Um überhaupt über die Beschaffenheit und die Wirkungsweise eines Erdbodens, der die Entwickelung und das Gedeihen einer mannigfaltigen Pflanzenwelt gestattet und befördert, sich eine deutliche Vorstellung zu machen, ist es nothwendig die Bedingungen zu erforschen, unter welchen der Boden sich hat bilden, seine Bestandtheile in ihren verschiedenen Mengenverhältnissen sich haben vereinigen und in ihrer Vereinigung die physikalischen Eigenschaften, die wir bei den Ackererden auftreten sehen, annehmen können.

Alles Bestehende, wenn es nicht als Organismus durch die Lebenskraft in sich die Bedingungen für seine Existenz als Individuum oder Gattung findet, ist den zerstörenden und auflösenden chemischen wie mechanischen Einflüssen der Atmosphäre und des Wassers unterworfen, die, in jeder Zeitsecunde thätig, auch die festesten und am meisten der Zerstörung widerstrebenden Körper, wenngleich oft erst im Verlaufe von Jahrtausenden, entweder mechanisch zu Staub zermalmen, oder chemisch in einfachere Verbindungen auflösen und die Elemente derselben neue Vereinigungen einzugehen veranlassen. So sind die festen krystallinischen Gesteine, welche zu Anfang der Erdgeschichte die alleinige feste Masse der Erdrinde ausmachten, der Verwitterung anheimgefallen, mechanisch und chemisch verändert (siehe unter d. Artikel Berg, Verwitterung der Gebirgsarten), ihre Zerstörungsproducte vom Wasser fortgeführt und als secundäre Lager, oft in weiter Entfernung von ihrer Bildungsstätte, wieder abgesetzt worden, um in diesem Zustande den Pflanzen die ersten Bedingungen ihres Fortkommens und Gedeihens darzubieten, einen Boden nämlich, in welchen die Wurzeln eindringen und wo sie die zu ihrem Wachsthum nothwendigen Bestandtheile der unorganischen Natur vorfinden und durch Vermittelung des atmosphärischen Wassers in sich aufnehmen können, während zugleich der Boden eine hinreichende Lockerheit besitzt, um der in ihm enthaltenen Luft eine leichte Circulation und Erneuerung zu gestatten, welches nöthig ist, damit die die Pflanzen hauptsächlich ernährenden Stoffe, das Ammoniak, das Wasser und die Kohlensäure, den einsaugenden Wurzeln der Vegetabilien zugänglich werden können.

Wir finden fast in allen Hauptgebirgsarten von krystallinischer Structur dieselben Bestandtheile wieder; in dem Granit, dem Urfels aller irdischen Gesteine, dem Gneis, Syenit, Diorit, Dolerit, den Porphyren, Basalten, Laven rc., allenthalben ist als Hauptbestandtheil eine mehr oder weniger vollkommene Feldspathmischung vorhanden, deren Zersetzungsproducte nebst einigen anderen häufig in der Natur vorkommenden Mineralien, wie der Quarz, der Glimmer, Augit, die Hornblende rc., durch ihre Zerstörung zu allen den ungeheuren Ablagerungen von geschichteten Felsmassen, die wir die Erdrinde zusammensetzen sehen, das Material geliefert haben müssen, während der Kalk, der gleichfalls eine Hauptrolle in der Entwickelungsgeschichte unserer Erde spielt, aus dem Innern derselben durch Vermittelung des Wassers oder plutonischer Gesteine an die Oberfläche getreten, hier im Zustande der Auflösung von unzähligen thierischen Organismen absorbirt und verarbeitet oder mechanisch wieder abgesetzt, und auf diese Weise im Verlaufe von Millionen von Jahren die Veranlassung zu mächtigen Formationen der Erdrinde geworden ist. Die Hauptbestandtheile aller Ackererden sind der Thon, welcher durch die chemische Zersetzung des Feldspaths entstanden ist, der Sand, gebildet durch mechanische Zerstörung des Quarzes und kieseliger Mineralien, und endlich der kohlensaure Kalk, von der Verwitterung des festen Kalksteins herrührend; diese drei Bestandtheile sind es namentlich, welche in ihren gegenseitigen Mischungsverhältnissen wie in der Beschaffenheit ihrer äußern Gestalt den Ackererden jene physikalischen Eigenschaften verleihen, die auf das Wachsthum der Pflanzen so mächtig hemmend oder fördernd einwirken; während ebenfalls durch die Verwitterung jener Mineralien andere unorganische Bestandtheile dem Boden zugeführt worden sind, von denen ein Theil der auflöslichen, besonders die Alkalien, einzelne Erden und die Kieselsäure, von den Wurzeln der Pflanzen in veränderlicher Menge aufgenommen und in den Gewächsen selbst assimilirt werden. Auch die Phosphorsäure, welche von allen Vegetabilien als unentbehrlicher Bestandtheil verlangt wird, finden wir in der Ackererde als eine Folge des Phosphorgehaltes mancher der zerstörten Gebirgsarten und Mineralien, wie namentlich des Apatits und des phosphorsauren Kalkes, der, wenn auch nicht in großer Menge auftretend, doch durch alle Formationen der Erdrinde sehr verbreitet zu sein scheint; und in gleicher Weise findet der Schwefelsäure-Gehalt der Pflanzenerde leicht seine Erklärung in der Thatsache, daß die in der Natur so häufig vorkommenden Schwefelmetalle, von denen hier besonders das Schwefeleisen oder der Schwefelkies in Betracht kommt, bei ihrer Oxydation an der Luft die Bildung von Schwefelsäure in beträchtlicher Menge veranlassen.

Die ersten Pflanzen, welche auf der Erdoberfläche sich entwickelt haben, mußten den zu ihrem Wachsthum unentbehrlichen Kohlenstoff und Stickstoff aus den Bestandtheilen der Atmosphäre in sich aufnehmen und durch das Mittel der Lebenskraft zur Bildung der mannigfaltigsten organischen Körper verwenden; denn die Substanz der sogenannten Dammerde oder des Humus ist erst eine Folge des Pflanzenwachsthums, nicht eine Bedingung desselben, wenn dieser Körper auch bei seinem Uebergang in assimilirbare Stoffe ein Hauptagens zur Beförderung der Vegetation wird. Es ist also hier die Frage, — da die Gegenwart der Kohlensäure, welche für die Pflanzen die alleinige oder doch die Hauptquelle des Kohlenstoffs darbietet, als constanter Bestandtheil der Atmosphäre nachgewiesen und allgemein anerkannt ist, — auf welche Weise der Stickstoff oder vielmehr

dessen Verbindung mit Wasserstoff, das Ammoniak, den Pflanzen dargeboten werden konnte, als noch keine organische, vegetabilische oder thierische, Materie vorhanden war, durch deren Fäulniß und Verwesung Ammoniak sich bilden und den Pflanzen zugänglich werden konnte. Wir begegnen hier, hinsichtlich der Quellen des Ammoniaks, zwei sich gegenüberstehenden Ansichten, die beide von ausgezeichneten Chemikern vertreten werden, indem Liebig *) die Ansicht aufgestellt hat und vertheidigt, daß das Ammoniak ebenso wie die Kohlensäure einen constanten Theil der Atmosphäre jetzt, wie in den frühesten Zeiten der Erdgeschichte bilde und daß dieses fertig gebildete Ammoniak allmälig von den Organismen aufgenommen und assimilirt worden sei und noch werde, um bei deren Absterben und Verwesung der Atmosphäre wieder zurückgegeben zu werden, während die von Kuhlmann **) und A. näher begründete und in neuerer Zeit namentlich von Mulder ***) vertretene Ansicht eine fortwährende Bildung von Ammoniak voraussetzt, allenthalben, wo der Stickstoff der Atmosphäre bei Gegenwart von porösen Körpern mit dem durch Zersetzung des Wassers sowohl als durch die Verwesung organischer Stoffe freiwerdenden Wasserstoffe in Berührung kommt. Die letztere Ansicht scheint durch die mit aller Sorgfalt von Faraday †), Will ††) u. A. ausgeführten Versuche nicht bestätigt zu werden, wenn gleich, wie namentlich Kuhlmann bei der Vermittelung des glühenden Platinschwammes gefunden hat, bei einzelnen Processen, die jedoch in der Natur selbst wohl nur selten auftreten und nur geringe Bedeutung für die Vermehrung der Ammoniakmenge haben mögen, dieses Product sich zu bilden im Stande zu sein scheint. Die Ammoniakbildung steht mit der Salpetererzeugung in der Natur, namentlich in der hier betrachteten Ackererde, in naher Verbindung, indem man nämlich in neuerer Zeit die zuerst von Kuhlmann gemachte und von Liebig, Mulder u. A. bestätigte Beobachtung, daß der Salpetererzeugung stets die Ammoniakbildung vorausgehe und daß die Salpetersäure ein Oxydationsproduct des Ammoniaks sei, fast allgemein als richtig anerkannt hat.

Sobald Pflanzen auf irgend einem Boden sich entwickelt haben, muß durch deren Absterben und allmälige Verwesung eine mehr oder weniger schnell an Menge zunehmende organische Substanz in der Ackererde sich bilden; die organische Materie oxydirt sich bei Gegenwart von atmosphärischer Luft, von Feuchtigkeit und einer hinreichend hohen Temperatur; ein Theil des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs wird als Kohlensäure und Wasser ausgeschieden und der ursprüngliche Körper, mag er dem vegetabilischen oder dem thierischen Reiche angehören, geht allmälig in eine Humussubstanz über, bei welcher Umwandlung nach Mulder's zahlreichen Untersuchungen †††) wahrscheinlich zunächst die Ulminsäure entsteht, durch deren stufenweise höhere Oxydation sodann Huminsäure, Geinsäure und die Quellsäuren sich bilden, die alle in größerer oder geringerer Menge mit Alkalien

*) Die organische Chemie, in ihrer Anwendung auf Agricultur rc.

**) Liebig's Annalen der Chem. Bd. XXVII. S. 22 u. Bd. XXIX. S. 284 ff.

***) Journ. f. pr. Ch. Bd. XXXII. S. 344 — 351.

†) Quarterly Journ. of Science T. XIX. p. 16, und im Auszug J. f. pr. Ch. Bd. XXVIII. S. 309.

††) Liebigs Ann. d. Ch. u. Pharm., Jan. 1843, u. im J. f. pr. Ch. XXVIII. S. 300 — 314.

†††) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXII. S. 321 — 344.

(namentlich Ammoniak), alkalischen Erden und Metalloxyden verbunden in der Ackererde aufzutreten pflegen, und bei einer sorgfältigen Untersuchung und Prüfung von Bodenarten, außer deren unorganischen Bestandtheilen und den physikalischen Eigenschaften, um so mehr eine sorgfältige Beachtung zu verdienen scheinen, da noch immer das unmittelbare Ernährungsvermögen der Humussäuren für die Pflanzen von namhaften Naturforschern lebhaft vertheidigt wird.

2) Die physikalischen Eigenschaften der Bodenarten, die den Grad der Fruchtbarkeit eines Ackerlandes so wesentlich bedingen, sind, bevor Schübler im Jahre 1817 seine vortrefflichen und ausführlichen Beobachtungen veröffentlichte, nicht der Gegenstand einer nur einigermaßen umfassenden Untersuchung gewesen, und außer den Versuchen Leslie's *), Davy's (Agriculturchemie) u. A. über das Vermögen der Erden, die Feuchtigkeit der Luft zu absorbiren, und den Beobachtungen Humboldt's **) über die Absorption des Sauerstoffs durch die Erden sind keine hierher gehörigen Untersuchungen mitgetheilt worden. Auch seit 1817 hat man die von Schübler betretene Bahn nur in einer sehr beschränkten Ausdehnung weiter verfolgt, so daß hier nur die Resultate der Beobachtungen Schübler's Erwähnung verdienen. Aus den Versuchen desselben über die, für die Ergiebigkeit des Bodens so wichtige, wasserhaltende Kraft ergiebt sich, daß Quarzsand diese im geringsten Grade besitzt, Kalksand bei gleicher Größe der Körner etwas mehr, Thonarten desto mehr, je reicher sie an Thon sind; daß ferner bei der kohlensauren Kalkerde die Form, ob sie fein gepulvert oder grobkörnig ist, einen großen Unterschied bedingt, daß Humus, besonders aber die Talkerde alle andern Bestandtheile der Ackererde hinsichtlich des Absorptionsvermögens übertrifft, da die letztere $4^1/_2$ mal ihr eigenes Gewicht Wasser anzieht. Auf der Festigkeit und Consistenz beruht die Benennung eines schweren oder leichten Bodens; diese Eigenschaften stehen mit der wasserhaltenden Kraft nicht in geradem Verhältniß, wie sich aus dem Verhalten des Humus und der feingepulverten Kalkerde ergiebt. Durch das Gefrieren der Erdarten vermöge des in ihnen enthaltenen Wassers werden dieselben bekanntlich aufgelockert; Schübler suchte den Grad der Auflockerung zu messen und fand z. B., daß die Cohäsion des lehmartigen Thons durch das Gefrieren von 68,8 bis 45,0, die der Hofwyler Erde von 330 bis 200 rc. sich vermindert habe. Die Fähigkeit, mehr oder minder schnell auszutrocknen, welche zu der Benennung eines hitzigen oder kalten, trockenen oder nassen Bodens Veranlassung gegeben hat, hat auf die Vegetation denselben Einfluß, als die wasserhaltende Kraft, da von ihr die Dauer des jedesmaligen Feuchtigkeitsgrades abhängt; es geht aus den Versuchen hervor, daß Sand und Gyps den hitzigsten Boden bilden, daß Kalksand auch in dieser Hinsicht von pulverförmigem Kalke sich sehr verschieden verhält, daß reiner Humus naß und schwammig ist, daß aber Bittererde am längsten feucht bleibt. Die Versuche über das Austrocknen und die dadurch veranlaßte Volumenverminderung, welche Risse und Sprünge im Boden veranlaßt, wodurch oftmals die Wurzeln der Pflanzen zerrissen und entblößt

---

*) Gilb. Ann. Bd. XII. S. 114 — 122.

**) Gilb. Ann. Bd. I. S. 511 — 514.

***) Man vergl. dessen Abhandlungen in Schweigg. Journ. Bd. XXI. S. 189 ff. Bd. XXXVII. S. 43 ff. und dessen Agriculturchemie, Bd. II. S. 57 — 94.

werden, zeigten, daß Humus die größte Volumenverminderung, nämlich um $^1/_5$, erleide; ferner daß dieselbe mit der wasserhaltenden Kraft (wie z. B. der kohlensaure Kalk beweist) ebenso wenig als mit der Festigkeit und Consistenz in einem gleichförmigen Verhältnisse stehe; auf derselben Eigenschaft beruht auch das Zerfallen des Mergels an der freien Luft, indem seine Gemengtheile, Thon und feiner Kalk, durch das Austrocknen eine verschiedene Volumenverminderung erleiden. Der feine Kalk vermindert die Festigkeit und Consistenz des Bodens, während er zugleich starke wasserhaltende Kraft und Sauerstoffabsorption besitzt und auf Säure und Humus chemisch wirkt. Eine der wichtigsten Eigenschaften der fruchtbaren Ackererde ist deren Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft zu absorbiren; dieselbe ist nach Boussingault *) abhängig zum Theil von der Porosität der Erden, aber wahrscheinlich auch von dem größeren oder geringeren Gehalte derselben an zerfließlichen Salzen. Schübler bemerkte, daß Humus am meisten einsauge, selbst mehr als die Bittererde; reiner Quarzsand und Gypserde zeigen nur eine höchst unbedeutende Absorption von Feuchtigkeit; sie bilden daher einen hitzigen unfruchtbaren Boden. Das Absorptionsvermögen gegen die Feuchtigkeit steht weder immer im directen Verhältniß mit der wasserhaltenden Kraft, noch im umgekehrten mit der Fähigkeit auszutrocknen. — Schübler bestätigte ferner die von Humboldt schon mitgetheilte, von Andern aber als unrichtig bestrittene Beobachtung, daß die einfachen Erden und deren Gemenge die Fähigkeit besitzen, den Sauerstoff aus der Luft zu absorbiren; er fand, daß Wärme und Feuchtigkeit vorzüglich diese Absorption begünstigen, sieht eben hierin eine Hauptbedingung der Fruchtbarkeit einer Ackererde und bemerkt, daß thonhaltige Boden im Allgemeinen auch deswegen zu den fruchtbarsten, Sandboden zu den unfruchtbarsten gehören, weil in Thonboden, welche die gehörige Lockerheit besitzen, die Sauerstoffgas-Absorption mit besonderer Leichtigkeit von Statten geht. Hinsichtlich der wärmehaltenden Kraft (specifischen Wärme) der Erden, also der Fähigkeit, bei gleicher Temperatur der Luft verschiedene Wärmemengen aufzunehmen und dieselben mehr oder weniger lange zurückzuhalten, bemerkte Schübler, daß Sand diese Kraft im höchsten Grade besitze, Humus dagegen, wenn man dessen Volumen berücksichtigt, nur in geringem, dem Gewichte nach aber in sehr hohem Maaße. Die wärmehaltende Kraft steht ziemlich genau im Verhältniß des specifischen Gewichtes eines gewissen Volumens. Die Erwärmung der Erden durch das Sonnenlicht oder die Eigenschaft, durch den Einfluß der Sommerwärme eine mehr oder weniger hohe Temperatur anzunehmen, auf welcher Eigenschaft namentlich das schnellere oder langsamere Austrocknen der Ackererde im Frühjahre beruht, ist nach Schübler abhängig von der Farbe der Erdoberfläche, von der chemischen Zusammensetzung der Erdarten, von ihrem Feuchtigkeitsgrade und endlich von der Neigung des Winkels, unter welchem die Sonnenstrahlen einfallen.

Die hier erwähnten physikalischen Eigenschaften der Erdarten sind nicht alle von gleicher Wichtigkeit für die größere oder geringere Fruchtbarkeit des betreffenden Ackerbodens, und man kann nach Schübler bei Untersuchnng einer Bodenart sich meistens auf die Betrachtung der Farbe desselben, des absoluten Gewichtes im trockenen und nassen Zustande, der wasserhaltenden Kraft und der

*) Landwirthschaft, Th. I. S. 405.

Consistenz oder Festigkeit im trocknen Zustande beschränken, indem man aus den dadurch erhaltenen Resultaten meistens mit Wahrscheinlichkeit auf das Verhalten der Erden in anderer Hinsicht schließen kann. Ueber das Absorptionsvermögen der Erdarten gegen die Feuchtigkeit der Luft und deren zurückhaltende Kraft sind noch von Cadet de Gassicourt *) einige Versuche angestellt worden, indem derselbe glaubte, in der Untersuchung dieser Eigenschaft ein leicht und schnell anzuwendendes Mittel gefunden zu haben, „die Bestandtheile eines Ackerbodens ohne Hülfe chemischer Reagentien zu bestimmen **).“

3) Chemische Prüfung der Ackererde. Es ist hier nicht der Ort, eine ausführliche Beschreibung der qualitativen und quantitativen Analyse einer Bodenart mitzutheilen; wir wollen uns daher darauf beschränken, im Allgemeinen den Gang einer solchen Untersuchung anzudeuten, und werden nur hinsichtlich einiger der Gemengtheile uns eine größere Ausführlichkeit in der Angabe der zu ihrer Abscheidung üblichen Methoden hier erlauben. Eine Ackererde besteht in der Regel außer den unorganischen in ihr enthaltenen Körpern aus mehr oder weniger in Zersetzung begriffenen vegetabilischen oder thierischen Ueberresten, nebst einer je nach dem Zustande der Feuchtigkeit wechselnden Menge hygroskopischen Wassers, für dessen quantitative Bestimmung in dem Artikel Trocknen verschiedene Methoden angegeben werden sollen. In Betreff der organischen Ueberreste haben wir hier nur auf die Humussäuren im Allgemeinen, die sogenannte Humuskohle und die weniger zersetzten Pflanzenüberreste Rücksicht zu nehmen, indem wir hinsichtlich der Quellsalzsäure und der Quellsäure, die ebenfalls sehr häufig in der fruchtbaren Pflanzenerde aufzutreten scheinen, auf den chemischen Theil des Artikels Quelle verweisen. Die Menge der Humussäure findet man durch mehrstündiges Digeriren mit kohlensaurem Natron, Filtriren, Fällen der Flüssigkeit mittelst Chlorwasserstoffsäure, Abfiltriren der ausgeschiedenen Humussäure, Auswaschen und Trocknen derselben. Wird der Rückstand einige Stunden lang mit concentrirter Kalilauge gekocht und diese Operation je nach den Umständen mehrmals wiederholt, so wird die Humuskohle hierdurch in Humussäure verwandelt, in der Kalilauge aufgelöst und aus derselben, wie vorher mittelst Chlorwasserstoffsäure, wieder ausgefällt und wie oben verfahren. Die noch übrigen Pflanzenreste bestimmt man endlich auf die Weise, daß man den Rückstand von der vorigen Behandlung glüht, hierdurch alle organische Substanz verbrennt und den Verlust als Pflanzenreste berechnet; oder man glüht eine bestimmte Quantität der getrockneten Ackererde und berechnet aus dem Verluste, nach Abzug der vorher gefundenen Humussäure und Humuskohle, die Pflanzenüberreste. Die Menge der in einer Ackererde enthaltenen Kohlensäure findet man, wenn man eine gewogene Quantität derselben mit einer gewogenen Menge verdünnter Schwefelsäure in gelinder Wärme digerirt, durch den Verlust des ganzen Gemenges oder besser mit Hülfe einer der bei der Analyse der Mineralwasser (s. d. Art Quelle) beschriebenen Methoden; und den Stickstoff- oder Ammoniakgehalt durch Mengung

---

*) Gilb. Ann. LIX. 373 — 386.

**) In Betreff der Einzelheiten der von Cadet, Schübler, Humboldt u. A. ausgeführten Untersuchungen müssen wir auf die an den angeführten Orten mitgetheilten Originalabhandlungen oder auf eine ausführliche und übersichtliche Zusammenstellung derselben in Wolff's „Resultate der chemischen Forschungen auf dem Gebiete der Agricultur und Pflanzen-Physiologie“, Leipzig 1847, verweisen.

mit gebranntem Kalke, Erhitzen und Hineinleiten des sich entwickelnden Ammoniaks in Salzsäure, oder besser nach der Methode von Will und Varrentrapp durch Glühen mit Natronkalk, wie in dem Art. Analyse mitgetheilt wird.

Um die unorganischen Bestandtheile einer Bodenart ihrer Qualität und Quantität nach kennen zu lernen, kann man den Rückstand nach dem Glühen und vollständigen Verbrennen aller organischen Substanz mit kohlensaurem Natron, und eine andere Quantität zur Bestimmung der fixen Alkalien mit kohlensaurem Baryt zusammenschmelzen, auf die Weise, wie ebenfalls in dem Art. Analyse ausführlich besprochen wird. In der Regel verfährt man jedoch hierbei auf andere Weise und nimmt bei der Untersuchung Rücksicht auf den Grad der Auflöslichkeit der einzelnen Bestandtheile, da gerade dieser den größeren oder geringeren Werth derselben für das Wachsthum und die Ernährung der Pflanzen wesentlich bedingt. Man behandelt deswegen die getrocknete Ackererde nach einander mit verschiedenen Agentien und prüft jede der so erhaltenen Auflösungen, die man wieder zur Untersuchung auf die einzelnen Bestandtheile, je nach den Umständen, dem Volumen oder dem Gewichte nach in 2, 3 oder 4 Theile theilt, einzeln auf die in ihnen enthaltenen Bestandtheile. Man wendet hierzu gewöhnlich zunächst das Wasser an, darauf verdünnte Chlorwasserstoffsäure, sodann concentrirte Schwefelsäure, und schließt endlich den noch ungelöst gebliebenen Rückstand mit kohlensaurem Kali sowohl als mit kohlensaurem Baryt auf. In diesen verschiedenen Auflösungen muß man bei einer qualitativen Untersuchung die Gegenwart der folgenden Substanzen voraussetzen.

In dem Wasserauszuge: Organische, extractive und stickstoffhaltige Substanzen, Humussäure, Salpetersäure, Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure, Chlor, Ammoniak, Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Thonerde, Manganoxydul, Eisenoxydul, Eisenoxyd.

In dem mittelst verdünnter Chlorwasserstoffsäure erhaltenen Auszuge: Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlor, Kieselsäure, Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Thonerde, Manganoxydul, Manganoxyd, Eisenoxydul, Eisenoxyd.

In dem mittelst concentrirter Schwefelsäure erhaltenen Auszuge: Phosphorsäure, Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxydul.

In der nach dem Aufschließen mit kohlensaurem Kali und kohlensaurem Baryt erhaltenen Auflösung: Phosphorsäure, Kieselsäure, Kali, Natron, Kalk, Talkerde, Thonerde, Eisenoxyd und Manganoxydul.

Die Methoden zur Abscheidung der angeführten Bestandtheile der Ackererde findet man in dem Art. Analyse mitgetheilt, auf welchen wir hier verweisen; jedoch wird es nöthig sein, über die quantitative Bestimmung der Phosphorsäure noch einige Bemerkungen hinzuzufügen, da dieser Körper in der Pflanzenernährung eine so wichtige Rolle spielt und seine Auffindung und Abscheidung manchmal mit Schwierigkeiten verbunden sein kann. Auch ist es oft wichtig, die Menge jedes der beiden Eisenoxyde kennen zu lernen, weil der Einfluß des Eisens auf das Pflanzenwachsthum je nach dem Zustande der Oxydation desselben ein verschiedener zu sein scheint; wir halten es deswegen nicht für überflüssig, in der Kürze die Methoden anzugeben, nach welchen man in einer Auflö-

sung die Menge eines jeden dieser Oxyde mit hinlänglicher Genauigkeit bestimmen kann. Zur Bestimmung des Phosphorsäuregehaltes fällt man die Auflösung mit Ammoniak; wenn, wie gewöhnlich der Fall ist, nur eine sehr geringe Quantität von Phosphorsäure zugegen ist, befindet sich im Niederschlag nur Eisenoxyd, Thonerde und die Phosphorsäure; ist jedoch eine größere Menge vorhanden, so kann auch mehr oder weniger Kalk und Talkerde und Spuren von Manganoxydul mit niederfallen. Man filtrirt dann, wäscht den Niederschlag gut aus, und digerirt mit Kalilauge, wodurch Thonerde und ein Theil der Phosphorsäure sich auflöst; diese alkalische Auflösung wird mit Kieselfeuchtigkeit versetzt, die ausgeschiedene kieselsaure Thonerde abfiltrirt, die Flüssigkeit durch Salzsäure sauer gemacht, zur Trockniß eingedampft, in Wasser gelöst, die Auflösung filtrirt und vorläufig hingestellt. Der Rückstand von der Digestion mit kaustischer Kalilauge wird mit viel Wasser übergossen und einige Tropfen concentrirte Essigsäure zugesetzt; hierdurch werden Kalk, Talkerde und die etwa vorhandenen Spuren von Manganoxydul aufgelöst, während das Eisenoxyd und die Phosphorsäure zurückbleiben. Dieser Rückstand wird nun in Chlorwasserstoffsäure gelöst, zu der Lösung nahe bis zur Neutralisation Ammoniak und dann Schwefelwasserstoff-Ammoniak zugesetzt, wodurch alles Eisen als Schwefeleisen niederfällt. Die Lösung wird mit Chlorwasserstoffsäure sauer gemacht und erhitzt, bis aller Schwefelwasserstoff verjagt ist, sodann mit der oben bei der Abscheidung der Thonerde erhaltenen Lösung gemischt, Ammoniak im Ueberschuß und Ammoniumtalciumchlorid zugesetzt; der Niederschlag abfiltrirt, ausgewaschen, geglüht und gewogen. — Man kann die angeführte Methode sehr zweckmäßig auf die Weise abändern, daß man, namentlich bei Gegenwart einer ziemlich großen Menge von Phosphorsäure und einer geringen Quantität Eisen, zu der chlorwasserstoffsauren Auflösung etwas Eisenchlorid und dann einen Ueberschuß von essigsaurem Natron hinzufügt. Man kocht die Flüssigkeit etwa 5 Minuten lang, wodurch ein rothbrauner Niederschlag sich abscheidet, während die Lösung farblos wird; den abfiltrirten und mit heißem Wasser ausgesüßten Niederschlag löst man in Chlorwasserstoffsäure, setzt Weinsäure zu und dann Ammoniak in Ueberschuß; man erhält dadurch eine klare gelbe Flüssigkeit, aus welcher man die Phosphorsäure mittelst Ammoniumtalciumchlorid oder einer Mischung von schwefelsaurer Talkerde und Salmiak fällen und abscheiden kann. Der Niederschlag ist nach dem Auswaschen und Glühen zuweilen schwärzlich und enthält etwas Eisen; ganz rein wird er indeß, wenn man ihn wiederum in Chlorwasserstoffsäure auflöst und mit Ammoniak fällt.

Zur Trennung des Eisenoxyds von dem Eisenoxydul muß man einen Theil der frischen Ackererde, die so viel als möglich vor dem Luftzutritt geschützt worden, in einem Kolben bei Ausschluß der Luft und am besten in einem Strome von Kohlensäuregas mit Chlorwasserstoffsäure digeriren; man setzt darauf in Wasser ausgerührte kohlensäure Baryterde oder Kalkerde hinzu, digerirt wieder eine Zeit lang und läßt das Ganze ruhig stehen, bis die Flüssigkeit sich von dem Niederschlage getrennt hat; die Auflösung wird vorsichtig abgegossen, der Rückstand schnell auf ein Filtrum gebracht und mit heißem Wasser ausgewaschen. In der Flüssigkeit ist nun die ganze Menge des Eisenoxyduls enthalten, die man erhält, wenn man, um dasselbe zu oxydiren, ein wenig Salpetersäure zusetzt und nach Abscheidung des Baryts mit Ammoniak das dadurch gebildete Eisenoxyd herausfällt. — Auch kann man die chlorwasserstoffsaure Auflösung mit Natriumgold-

chlorid versetzen und aus der Menge des ausgeschiedenen reducirten Goldes die des vorhanden gewesenen Eisenoxyduls oder Eisenchlorürs berechnen. E. W.

Actine, Actinometer, s. Aktinometer.

Adhäsion, Anhängung (lat. adhaesio, franz. u. engl. adhesion oder adherence). Vermöge des allgemeinen Gesetzes der Anziehung (s. d. Art.) haften die Körper, mit einander in Berührung gebracht, an einander, welche Erscheinung man Adhäsion nennt. Eine andere Erscheinung, welche gleichfalls ihren Grund in der Anziehung hat, ist die Cohäsion oder der innere Zusammenhang der Körper. Bei vielen Erscheinungen läßt es sich schwer entscheiden, ob Cohäsion oder Adhäsion stattfinde, wie z. B. bei den tropfbar-flüssigen Körpern. Man kann sich aber jeden Körper zusammengesetzt denken aus einer Menge kleiner untheilbarer Körper (s. Atomen, Molecülen), und würde dann am Ende alle Cohäsion auf Adhäsion hinauslaufen. Daher wird es natürlicher sein, auch das Zusammenhaften der Tropfen einer flüssigen Substanz der Cohäsion zuzuschreiben. Wo zwei oder mehre Körper sich mit einander verbinden, kommt es darauf an, ob ihre Verbindung eine chemische sei oder nicht; im ersten Falle wird ein neuer Körper entstehen, dessen Theile durch Cohäsion zusammengehalten werden, im zweiten Falle wird zwischen den verschiedenartigen Körpern Adhäsion stattfinden.

Wir werden nun zu unterscheiden haben Adhäsion fester Körper an einander; Adhäsion fester Körper an tropfbar-flüssige und umgekehrt; Adhäsion tropfbar-flüssiger an tropfbar-flüssige; Adhäsion ausdehnsamer Flüssigkeiten sowohl an feste und tropfbar-flüssige, als unter einander.

1) Adhäsion fester Körper an einander. Man nimmt nach den Gesetzen der Anziehung an, daß Körper desto stärker an einander haften, je mehr Berührungspunkte sie einander darbieten. Man pflegt deswegen, um Versuche über die größere oder geringere Adhäsionskraft der verschiedenen festen Körper an einander anzustellen, dieselben so viel als möglich zu ebenen und dann mit den glatten Flächen auf einander zu bringen. Die Größe der Kraft, welche erforderlich ist, um die Körper wieder von einander zu reißen, giebt ihre Adhäsionskraft. Hat man z. B. drei Körper A, B, C, welche mit gleich großen Flächen auf einander gelegt werden können, und findet man durch den Versuch, daß man, um den Körper C von A abzureißen, noch einmal so viel Kraft (Gewichte) anwenden muß, als man braucht, um B von A loszureißen, so zeigt sich, daß C noch einmal so stark an A adhärirt als B. Man stellt derartige Versuche mit Platten an, welche man Adhäsionsplatten nennt (fälschlich auch wohl Cohäsionsplatten). Um das Aneinanderhaften durch die innige Berührung aller Theile der Flächen stärker zu machen, pflegt man diese Platten mit einer Fettigkeit (Talg oder Oel) einzureiben. Dies ist aber darum zu verwerfen, weil man auf diese Weise nicht leicht entscheiden kann, ob das mehr oder minder cohärirende Mittel (das Talg oder Oel) nicht das Meiste zu Vermehrung oder Verminderung der Kraft beigetragen habe. Wichtige Versuche hat Prechtl *) angestellt, indem er mit vollkommen ebenen und polirten Metallplatten von fast $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser verfuhr, wie folgt. An dem einen Balken einer sehr empfindlichen Wage wurde eine dieser Platten, genau ins Gleichgewicht gebracht, so aufgehängt, daß ihre polirte Fläche sich in einer hori-

*) Poggend. Ann. Bd. XV. S. 223.

zontalen Lage befand, und unter derselben die zweite Platte, mit welcher der Versuch angestellt wurde, gleichfalls horizontal auf einer Unterlage befestigt. Die beiden Platten wurden nun mit einander in Berührung gebracht, so daß die beiden polirten Flächen einander genau deckten, und nun wurden auf die Scheibe des zweiten Wagebalkens so lange Gewichte aufgelegt, bis die Trennung der Flächen erfolgte. Während einer zusammengehörigen Reihe von Versuchen fand keine merkliche Aenderung in Temperatur und Barometerstand statt. Die Versuche wurden einige Mal und zwar immer mit frischpolirten Flächen wiederholt. Hierdurch ergab sich das merkwürdige Resultat: daß diejenige Adhäsion, welche zwei Scheiben aus einem und demselben Metalle zukommt, auch die Adhäsion ist, welche diesem Metalle mit jedem anderen, von geringerer Adhäsion mit sich selbst, zugehört. Z. B. eine Kupferscheibe hing zusammen mit einer andern Kupferscheibe mit einer Kraft von 21 Gran; mit eben dieser Kraft hing nun die Kupferscheibe zusammen mit einer Wismuth-, Zink-, Zinn-, Bleischeibe ꝛc., obgleich die Adhäsion zweier Scheiben von einem jeden dieser Metalle (Blei und Blei, Zinn und Zinn u. s. f.) geringer war, als jene des Kupfers mit dem Kupfer. Prechtl will übrigens mit völliger Bestimmtheit gefunden haben, daß die Anziehung der Platten eines und desselben Metalles nicht bloß in der Berührung, sondern auch in der Entfernung stattfinde; ja sie soll schon innerhalb des Abstandes einer halben Linie deutlich bemerkbar gewesen sein, so daß sie durch kleine Gewichte gemessen werden konnte. Die schwebende Platte wurde von der anderen parallelen Platte in einer geringen Entfernung angezogen, bis beide Flächen einander berührten, was mit sichtbarer Beschleunigung und einer Art von Stoß geschah. Nimmt man Platten von weichen Körpern, z. B. von Blei, und drückt sie auf einander, so wird die Vereinigung der sich berührenden Theile so innig, daß die Adhäsion in Cohäsion überzugehen scheint. Mit zwei ebengeschabten und zusammengedrückten Bleicylindern, von $^1/_{30}$ Quadratzoll Querschnitt, konnte Martin ein Gewicht von 130 Pfd. heben *). Auch bei Kügelchen von reinem Golde, die nicht lange in der Luft gelegen hatten, fand Biewend eine besonders starke Adhäsion **). — Adhäsion bewirkt auch das Haftenbleiben des Staubes an senkrechten Wänden, ja an wagerechten Decken, von wo derselbe doch, wenn er nur dem Gesetze der Schwere folgte, herabfallen müßte. Je feiner der Staub ist, desto leichter bleibt er hängen und häuft sich an. Bei diesen kleinen Körpern ist die Adhäsion mächtiger als die Schwere, stärker als ihr eigenes Gewicht. Ein sehr schöner farbenspielender Ueberzug bildet sich (mittelst der Feuchtigkeit und der Sonnenstrahlen) durch den Staub auf dem Glase, besonders auf schlechtem Fensterglase, welches man zu reinigen vernachlässigt oder häufig bei Sonnenschein befeuchtet hat. Ist dieser Ueberzug einmal fest geworden, so läßt er sich durch kein Reinigungsmittel mehr herunterbringen. Daß die Objectivgläser der Fernröhre und Spiegel ähnliche, nur dünnere Ueberzüge erhalten, kann man durch Abreiben mit reiner, in Kalkwasser getauchter und getrockneter Leinwand verhüten. Künstlich läßt sich die erwähnte Erscheinung hervorbringen, wenn man Metallauflösungen, namentlich salpetersaures Silber, auf Glas durch Kupfer niederschlägt, leise abspült und sodann durch die Sonnen-

---

*) Philos. Brit. Vol. I.

**) Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 164.

strahlen einbrennen läßt. Polirte Spiegelplatten, welche über einander gelegt worden, hängen nicht selten so fest an einander, daß man sie nicht trennen kann, ohne sie zu zerbrechen. Die Festigkeit der durch Galvanismus hervorgebrachten metallischen Ueberzüge scheint gleichfalls in der Adhäsion begründet zu sein. — In der Natur kommen viele durch Adhäsion eng an einander gebundene Körper vor, so der Granit, welcher aus an einander adhärirendem Feldspath, Quarz und Glimmer besteht. Sehr fest hängen auch erhärtete Flüssigkeiten an Körpern, auf die sie im flüssigen Zustande gebracht worden sind, so der Leim, Kleister, Kitt, Mörtel und dergl. Alles Leimen, Kleistern, Kleben, Kitten beruht demnach auf Adhäsion. Zwei mit Siegellack an einander gekittete Glasstücke hängen nicht selten so fest an einander, daß beim gewaltsamen Voneinanderreißen derselben zuweilen Stücke aus dem Glase herausgerissen werden. Bestreicht man eine Glasplatte mit Leim, so haftet dieser oft so fest am Glase, daß, wenn sich der Leim beim Austrocknen zusammenzieht, von ihm Stücke aus dem Glase herausgerissen werden. In diesen Fällen ist die Adhäsion stärker als die Cohäsion.

2) Adhäsion fester Körper an tropfbar-flüssige und umgekehrt. Läßt man einen Tropfen einer Flüssigkeit auf einen festen Körper fallen, so wird derselbe vermöge der Adhäsion eine mehr oder weniger abgeplattete Form annehmen, ja wenn die Adhäsionskraft stärker ist als die Cohäsion der Flüssigkeit, ganz auf demselben zerfließen. Taylor war der Erste, welcher die Adhäsion, die zwischen flüssigen und festen Körpern stattfindet, auf eine der oben beschriebenen (von Prechtl) ähnliche Weise untersuchte. Er befestigte, wie nach ihm Prechtl, an die eine Seite eines Wagebalkens eine Scheibe von einer festen Materie und ließ dieselbe dann äußerst vorsichtig auf die Oberfläche einer Flüssigkeit nieder, von der er sie durch Gewichte, welche er auf die Schale am andern Arme des Wagebalkens legte, losriß. Mit dieser Methode fand Guyton-Morveau *): Scheiben von 1 Pariser Zoll Durchmesser und übrigens gleicher Beschaffenheit von verschiedenen Metallen zeigten gegen Quecksilber folgende Adhäsion: Gold erforderte zur Abtrennung von Quecksilber 446 Gran, Silber 429, Zinn 418, Blei 397, Wismuth 372, Zink 204, Kupfer 142, Spießglanzkönig 126, Eisen 115, Kobold nur 8 Gran, Platin 108 (nach längerem Warten 282 Gr. und weiß glühend nur 10 Gr.). Taylor selbst glaubte, daß bei seiner Methode der Luftdruck von Einfluß sei, allein Morveau fand unter dem Recipienten der Luftpumpe fast dieselben Erfolge. Andere Schwierigkeiten liegen darin, daß, indem häufig Flüssigkeit an den Scheiben hängen bleibt (was offenbar darin seinen Grund hat, daß die Cohäsion der Flüssigkeit schwächer als ihre Adhäsion an die festen Körper ist), beim Losreißen von derselben eigentlich der Cohäsionszustand der Flüssigkeit (wenigstens theilweise) gemessen wird. Besonders scheint an diesem Mangel das Verfahren Huth's zu leiden, welcher Würfel von verschiedenen Holzarten erst 24 Stunden in Wasser liegen ließ, ehe er die Losreißungsversuche mit ihnen anstellte. Link stellte mit einer Chalcedonplatte von 10,2 Lin. Durchmesser Versuche an, indem er dieselbe mit einer Reihe von Flüssigkeiten zusammenbrachte und losriß. Er brauchte zum Losreißen bei einer Temperatur von 12° R. von reinem Wasser 25 Gran Med. Gew., von Schwefelsäure (spec. Gew. 1,803) 29 Gr., von Salzsäure (spec. Gew.

*) Journ. de Phys. T. I. p. 172. 460.

1,408) 25 Gr., essigsaure Bleisolution, gesättigt, 25 Gr., Salpetersolution, gesätt., 23 Gr., Glaubersalzsolution, gesätt., 22 Gr., Kalkauflösung (spec. Gew. 1,216) 21 Gr., Mandelöl 16 Gr., Steinöl 16 Gr., Terpentinöl 15 Gr., Alkohol (spec. Gew. 0,840) 15 Gr., Alkohol, absol., 15 Gr., Schwefeläther 10 Gr. *). Eine Erscheinung der Adhäsion flüssiger Körper an feste ist auch die Haarröhrchen-Anziehung (s. d. Art.), aus welcher sich mehre andere Erscheinungen erklären lassen. Bringt man zwischen zwei frisch gereinigte, unter einem spitzigen Winkel gegen einander geneigte Glasplatten einen Tropfen Wasser, so wird er beiden adhäriren und selbst der Schwere entgegen dahin gezogen werden, wo die Platten sich am nächsten sind **). Noch augenfälliger läßt sich dieser Versuch mit einem Tropfen Sassafrasöl oder Orangenöl, zwischen zwei feuchte Glasplatten gebracht, anstellen. Aehnlich ist eine andere Erscheinung ***). Zwei parallele Platten nämlich, welche in geringem Abstande von einander in eine Flüssigkeit getaucht werden, streben sich einander zu nähern, es mag die Flüssigkeit zwischen ihnen höher oder niedriger stehen, als das Niveau derselben im Gefäße ist. Link leitete die Stärke der Adhäsion verschiedener Flüssigkeiten an feste Körper aus der Höhe ab, zu welcher die ersteren zwischen zwei ebenen gleich weit von einander entfernten Platten emporstiegen †). Er nahm dabei an, daß sich die Höhen gerade wie die Anziehungen und umgekehrt wie die specif. Gewichte verhielten, also die Anziehungen proportional seien dem Producte aus der Höhe und dem specif. Gewichte. Folgende Tabelle zeigt die gefundenen Größen:

Flüssigkeit	Spec. Gewicht	Höhe in Linien, angegeben für Platten von			
		Glas	Kupfer	Zink	Holz
Destill. Wasser	1	12,5	13,0	13,0	1,5
= Weingeist . . .	0,835	8,0	10,0	9,5	8,5
Schwefeläther	0,755	7,0	10,0	8,5	7,0
Schwefelsäure rect. . . .	1,845	11,0	11,0	15,5	—
Salpetersäure	1,200	14,0	—	—	—
Salzsäure	1,115	14,0	14,0	—	—
Kaust. Kali-Lösung . .	1,335	8,0	10,5	8,0	—
Essigs. Kali-Lösung . .	1,145	9,5	11,5	10,0	—

Andere Erscheinungen der Adhäsion sind: die Benetzung der festen Körper durch Flüssigkeiten (das Naßwerden), sowie der concave (d. h. nach der Mitte zu hohle) Stand einer Flüssigkeit in einem Gefäße und das Emporsteigen derselben an einem hineingehaltenen oder auf ihr schwimmenden Körper, wenn nämlich überhaupt der Stoff des Gefäßes und Körpers von der Flüssigkeit benetzt wird (den Gesetzen der

*) Gilb. Ann. Bd. XLVII. S. 1 ff.

**) Curse of mechanical experiments by Francis Hawksbee, Lond. 1709. 4. in append.; Philosoph. Trans. XXVII. 395. 474.

***) Gilb. Ann. Bd. XXXIII. S. 37 u. 293.

†) Pogg. Ann. Bd. XXIX. S. 404. Bd. XXXI. S. 593.

Schwere nach müßte die Flüssigkeit eine ebene, horizontale Oberfläche haben, der Cohäsion nach eine convexe d. h. erhabene); ebenso das Herablaufen der Flüssigkeiten an den Außenwänden der Gefäße ohne übergebogenen Rand, wenn man nicht schnell genug umwendet. Man kann das Herunterlaufen der Flüssigkeiten an Gefäßen beim Ausgießen dadurch vermeiden, daß man ein Stäbchen (z. B. von Glas) beim Ausgießen an den Rand des Gefäßes hält, dann adhärirt die Flüssigkeit an diesem Stäbchen und läuft an ihm herab. Das Hineilen eines schwimmenden Körpers nach dem Rande oder nach einem andern schwimmenden Körper, wenn er ihm nahe genug, ist gleichfalls eine Erscheinung der Adhäsion. Daraus, daß einige feste Körper von gewissen flüssigen nicht benetzt werden, folgt aber nicht, daß zwischen denselben keine Adhäsion stattfinde, sondern einzig, daß diese nicht groß genug sei, um die Cohäsion des flüssigen Körpers aufzuheben. So wird z. B. Glas von Quecksilber nicht benetzt und steht convex in gläsernen Gefäßen; aber ein auf einer Glasplatte liegender Tropfen Quecksilber fällt nicht herab, wenn man die Platte umwendet, also findet dennoch Adhäsion statt. Besonders stark zeigt sich diese Adhäsion, wenn das Glas recht rein ist, wie schon Huyghens *) beobachtete, indem er den Torricelli'schen Versuch machte, wobei das Quecksilber in der 70 Zoll langen Röhre hängen blieb und erst durch Erschütterung der Röhre fiel. Diese Adhäsion kann also bei Barometern mit engen Röhren bedeutende Fehler veranlassen. Auf der Adhäsion des Wassers an einem Seile beruht die Vera'sche Seilmaschine (s. d. Art.). — Wie verschieden die Adhäsionskraft der verschiedenen Flüssigkeiten sei, dafür sprechen unter andern auch Prevost's interessante Versuche **), nach welchen eine Flüssigkeit die andern von einer Glasplatte verdrängt. So verdrängen einander folgende Substanzen in der angegebenen Ordnung: Aether, Alkohol, wesentliches Pfeffermünzöl, Bergamottöl, Majoranöl, Sarrietteöl, Mohnöl, Olivenöl, Nußöl nebst vielen anderen Oelen, Wasser. Das reine Wasser dagegen vertreibt salzige und erdige Lösungen, und diese wieder andere in folgender Ordnung: Wasser, Alaunlösung, Vitriollösung, Glaubersalzlösung, Salpeterlösung, Kochsalzlösung, salzsaure Ammoniaklösung u. a. — Hierbei ist noch einer merkwürdigen Erscheinung zu gedenken. Der Kampher hat die Eigenschaft, daß er auf eine Platte gebrachtes Wasser zurücktreibt. Wenn man aber ein kleines Stückchen Kampher auf die Oberfläche eines mit Wasser gefüllten Gefäßes bringt, so geräth der Kampher in eine sehr schnelle drehende Bewegung. Aehnliche Erscheinungen kommen auch noch bei anderen Substanzen vor. So bewegt sich ein kleines auf Wasser schwimmendes Gefäß, in welchem einige Tropfen Aether sind. Auch auf trockenem Quecksilber, so lange die Oberfläche desselben hinlänglich rein ist, gerathen Kampherstückchen und Phosphorstückchen in eine drehende Bewegung. Dabei erzeugen die sich drehenden Phosphorstückchen im Dunkeln einen Lichtschimmer. Der Grund zu dieser Bewegung mag in der Anziehung der Wasser- oder Quecksilberfläche und zugleich der Luft gegen die feinen verdampfenden Theilchen Kampher sein. Dafür spricht, daß die Bewegung aufhört, sobald man einen Tropfen Oel auf die Wasserfläche giebt, welcher sich augenblicklich über dieselbe verbreitet, oder sobald das Quecksilber sich mit einem Häutchen überzogen hat; daß ferner nach Carradori ein Tropfen

*) Journ. des Savans. 1672. p. 111.

**) Ann. de Chim. T. XL. p. 19.

Euphorbiensaft (nicht aber Oel, welches stärkere Adhäsion hat) sich nicht auf einer Quecksilberfläche, auf welcher ein Phosphorstückchen gelegen hatte, ausbreitete, woraus denn hervorgeht, daß der Phosphor die Quecksilberfläche wie ein Tropfen Oel überzogen hatte. Auch ließ sich das Phosphorhäutchen vom Quecksilber mit einem Messer herunternehmen, worauf die vorher unterbrochene Bewegung wieder stattfand. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich auch der Kampher in einem, nur noch viel dünneren Häutchen über die Oberfläche des Quecksilbers ausbreitet *). — Auf der Adhäsion zwischen flüssigen und festen Körpern beruht alles Schreiben, Malen, Schlemmen 2c.

3) Die Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten an einander zeigt sich, wenn man auf Quecksilber einen Tropfen Wasser bringt, indem derselbe nicht, wie man den Gesetzen der Cohäsion nach vermuthen sollte, seine runde Gestalt beibehält, sondern sich augenblicklich über die ganze Oberfläche des Quecksilbers verbreitet. Ein Gleiches geschieht, wenn man einen Tropfen Olivenöl oder Euphorbiensaft auf eine Wasserfläche giebt, indem das Wasser mit einem dünnen farbenspielenden Häutchen überzogen wird. Dieselben Erscheinungen zeigen auch andere Pflanzensäfte und Weingeist. Hierbei tritt wieder die Erscheinung auf, daß ein flüssiger Körper den andern vertreibt, je nachdem die Adhäsionskraft des einen stärker oder schwächer als die des andern ist. Viele interessante Versuche darüber hat Carradori angestellt, auch Link **). Bringt man auf eine Wasserfläche, auf welcher sich schon ein Oeltropfen ausgebreitet hat, einen zweiten Tropfen Oel, so dehnt sich derselbe nur schwach linsenförmig horizontal aus, nimmt aber statt dessen gewissermaßen eine verticale Ausdehnung an, indem sich anfangs am Rande desselben mannigfaltige nicht hohle, sondern volle, kleinere linsenförmige Erhabenheiten verschiedener Größe ausbilden, die eine gemeinschaftliche Bewegung nach dem Gipfel der convex daliegenden Oelhaut annehmen, wobei sich, wie vermöge einer wechselseitigen Anziehung, die kleineren Linschen nach den größeren hinbewegen und mit ihnen zu noch größeren zusammenfließen, auch wohl mehrere kleinere zusammenfließen. Kurz darauf, und um so eher, je flüchtiger das Oel ist, steigen über die ganze Oberfläche der Haut andere Erhabenheiten auf, noch größer als die, welche im Anfange nahe am Rande sich erhoben hatten. Sie haben eine ganz krause und ungleiche Oberfläche, und an ihrer Basis entwickeln sich wieder andere, anfangs linsenförmige, später in einen Schwanz verlängerte Erhabenheiten, welche nach dem Gipfel der größern Erhabenheiten aufsteigen, ohne doch ganz zum Gipfel zu gelangen, indem sie schon vorher in der Masse der größern Erhabenheiten sich verlieren und verschwinden. Diese Erscheinung hat man aus einer Wärmeentwickelung, welche in der Berührungsgrenze des Oels mit der Flüssigkeit und Luft stattfinde, erklärt. Die Beobachtung ist von Fusinieri, der jedoch mittelst des Thermometers keine Wärmeentwickelung nachweisen konnte ***). — Wie

*) Prevost in Ann. de Chim. T. XL. p. 1 ff. — Carradori in Ann. de Ch. T. LI. p. 216; Gilb. Ann. Bd. XXIV. S. 140, 152 ff.; Brugnatelli Giornale quarto bim. T. III. p. 261. — Link in Gilb. Ann. Bd. XXIV. S. 128. Bd. XXVI. S. 146. — Parrot in: Theor. Phys. Bd. I. S. 83. — Frankenheim, Cohäsion. Breslau 1835. 8.

**) Ann. de Chim. T. XXXV. p. 87. T. LI. p. 216. Gilb. Ann. Bd. XII. S. 108, Bd. XXIV. S. 130 ff.

***) Fechner, Repert. der org. Chemie. Bd. II. S. 374. Biots Lehrb. der Exper. Phys. v. Fechner. Bd. V. S. 379.

stark das Bestreben des Wassers und Weingeistes sich mit einander zu verbinden sei, geht daraus hervor, daß, wenn man ein mit Weingeist gefülltes Fläschchen mit einem in Wasser stark erweichten Stückchen Rindsblase zubindet und unter Wasser taucht, durch die Blase in einigen Stunden eine solche Menge Wasser dringt, daß die Blase hoch aufschwillt und, wenn man dann mit einer Nadel hineinsticht, ein mehrere Fuß hoher Wasserstrahl herausspritzt. Aehnlich ist die Erscheinung, daß, wenn man eine Glasröhre an dem einen Ende mit einem Stück Rindsblase überbindet und an dem andern Ende eine Flüssigkeit hineingießt, sodann aber die Röhre mit dem verbundenen Ende in eine verwandte Flüssigkeit taucht, eine Verbindung beider Flüssigkeiten stattfindet. Versuche hierüber hat N. W. Fischer gemacht *).

4) Die Adhäsion ausdehnsamer Flüssigkeiten an feste und an tropfbare Körper ist unter d. Art. Absorption abgehandelt worden.

Die Adhäsion scheint die erste Aeußerung chemischer Verwandtschaft (s. d. Art.) zu sein, weshalb es so schwer ist zu unterscheiden, ob da, wo tropfbare und expansible Flüssigkeiten zusammenkommen, chemische Verbindung stattfinde oder nicht (s. d. Art. Absorption). Daß Adhäsion und chemische Verwandtschaft im Zusammenhange stehn, wird durch Erman's interessante Versuche **) bestätigt, welcher nachwies, daß die Intensität der Flächenanziehung sich erhöhe, wenn im galvanischen Processe chemische Verwandtschaft erregt werde. Die Adhäsion findet nur bei der Berührung statt; daß aber in der That Anziehung, wie auch Prechtl und Link bei ihren (oben erwähnten) Versuchen bemerkt haben wollen, sie veranlasse, davon kann man sich leicht überzeugen, wenn man einen dünnen Faden einem Wassertropfen nähert. Der Faden wird sich nämlich, wenn auch aus geringer Entfernung, durch einen Sprung an den Wassertropfen anhängen. Bei jeder Adhäsionserscheinung scheint Wärme sich zu entwickeln. Pouillet hat dargethan, daß bei jeder Benetzung fester Körper mit Flüssigkeiten Temperaturerhöhung stattfinde ***). Von der Wärmeentwickelung, welche stattfindet, wenn expansible Flüssigkeiten mit tropfbaren oder festen Körpern zusammenkommen, ist unter dem Art. Absorption gesprochen worden. — Die Temperatur ist (wie bei Absorption und Cohäsion) von Einfluß auf die Adhäsion, indem die Größe derselben nach Achard durch zunehmende Temperatur vermindert wird †). Nach Schmidt wirkt auch die Elektricität mindernd auf die Adhäsion.

Adhäsionsplatten, s. Adhäsion.

Aeolipile, s. Dampfkugel.

Aeolsharfe, Windharfe (von Aeolus, dem König der Winde; engl. Aeolian Harp) ist ein Instrument, welches wesentlich aus einem schmalen länglichen Kasten mit einem dünnen Resonanzboden besteht, auf welchen der Länge nach über zwei oben und unten stehende Stege Darmsaiten (a = Saiten) gleichmäßig und nicht zu stark gespannt sind. Dieses Instrument wird dem Luftzuge ausgesetzt, worauf es durch denselben die verschiedenartigsten consonirenden Töne hören läßt. Die besten

*) Gilb. Ann. Bd. LXXII. S. 289.

**) Gilb. Ann. Bd. XXXII. S. 262. Bd. XL. S. 5.

***) Ann. de Chim. et Phys. T. XX. p. 141. Gilb. Ann. Bd. LXXIII. S. 336.

†) Mém. de Berl. 1776. p. 149. Chemisch-physikalische Schriften. Berl. 1780. Bd. I. S. 354. Pogg. Ann. Bd. XII. S. 618. Bd. XIII. S. 254.

Aeolsharfen werden verfertigt, indem ein etwa 4 Fuß langer, oben 6 bis 7 Zoll, unten 4 bis 5 Zoll breiter und 5 Zoll hoher Rahmen von tannenen, nicht ästigen Bretern mit einem dünnen Resonanzboden versehen wird und über zwei an den Enden angebrachte 0,75 Zoll hohe Stege 6 bis 10 a=Saiten gleichstimmend gezogen werden. Dieses Instrument stellt man senkrecht in ein wenig geöffnetes Fenster, so daß die Zugluft schräg gegen die Saiten stößt. W. Jones brachte die Saiten und den wie gewöhnlich mit einem runden Ausschnitte versehenen Resonanzboden inwendig im Kasten an, auswendig aber befestigte er noch einen Boden mit einem horizontalen Einschnitte, wodurch das Instrument tragbar gemacht wurde und gegen den Wind gerichtet werden konnte. Langguth giebt eine transversale Aeolsharfe an, die in einem Kasten befindlich ist, an welchem Windklappen angebracht sind, um damit den Luftzug zu reguliren. — Der Erste, welcher von der Windharfe gesprochen hat, war Kircher *), als ihr eigentlicher Erfinder ist jedoch der schottische Componist Oswald anzusehen, welcher durch Pope **), der im Eustathius gelesen hatte, daß Saiten, an welche der Wind stoße, Töne von sich gäben, aufmerksam gemacht worden war. Am meisten hat sich M. Young bemüht den Grund aufzufinden, wie eine Aeolsharfe bei gleicher Stimmung der nämlichen Saiten doch so verschiedenartige Töne hervorbringen könne, ja wie eine und dieselbe Saite, wie er bei seinen Beobachtungen fand, mannigfaltig zu tönen vermöge. Young berechnete die Punkte, auf welche die Schwingungsknoten der Saite fallen müßten, und er fand auch, daß der Ton nicht aufhörte, wenn er den so gefundenen Schwingungsknoten berührte, während der Ton allerdings aufhörte, sobald die Stelle der Berührung verrückt wurde. Interessante Beobachtungen hat Pellisow gemacht. Er fand zunächst Young's Bemerkung über die Schwingungsknoten bestätigt, zugleich aber auch, daß man dessenungeachtet nicht annehmen kann, daß in einer Saite, die ohne alle Berührung der Wirkung des Windes ausgesetzt ist, aliquote Theile entstehen, ungeachtet der verschiedenen Töne, die sie unter dem Einfluß desselben hervorzubringen vermag; auch fand er, daß die Töne, welche die Saite einer Aeolsharfe bei gleichbleibender Spannung hervorbringt, nicht mit der Reihenfolge derer übereinkommen, die sie durch eine Theilung in aliquote Theile geben könnte, daß dagegen die Höhe der Töne der Aeolsharfe im Verhältniß mit der Schnelligkeit des sie erzeugenden Windes zu stehen scheine. Die experimentale Bestätigung dieser Ansicht gewährt folgende Einrichtung. Man bringe eine Aeolsharfe am Ende eines langen Balkens an, welcher in seinem Schwerpunkte unterstützt ist und um diesen herum mit beliebiger Geschwindigkeit gedreht werden kann. Je schneller die Drehung des Balkens geschieht, desto höhere Töne werden von der Aeolsharfe erzeugt. In der Sternwarte zu Leipzig ist ein derartiger Apparat aufgestellt. Pellisow fand auch die Ansicht widerlegt, nach welcher mitklingende Nebentöne wahrgenommen werden sollen. Auf keine Weise konnte er eine Transversalschwingung bemerken. Er meint daher, die Saite der Aeolsharfe erhalte durch den fortgesetzten Luftstrom eine Reihe von Stößen und werde dadurch in ihren Molecular=Theilchen in Longi=

*) Kircher, Phonurgia p. 148.

**) Jones physiological disquis. or discourses on the natural philosophy of the Elements. Lond. 1781. 4. Lichtenberg Taschenb. z. gesell. Vergnügen. Gött. 1792. S. 137 — 145. Abgedr. in den Vermischten Schriften Lichtenberg's. Bd. VI. S. 5.

tudinal=Schwingungen versetzt und zum Tönen gebracht. Diese Ansicht wird noch besonders durch eine andere Beobachtung Pellisow's unterstützt, indem, wenn man die Saite einer Violine in Molecular=Schwingungen versetzt, Töne entstehen, welche denen der Aeolsharfe täuschend ähnlich sind *).

Aequator des Himmels, astronomischer Aequator, Gleicher, Aequinoctialkreis (lat. aequator, circulus aequinoctialis; franz. équateur; engl. equinoctial), ist derjenige die Himmelskugel in zwei gleiche Hälften, die nördliche und südliche Halbkugel (Hemisphäre), theilende größte Kreis, dessen geometrische Pole die beiden Endpunkte der Rotationsaxe der Himmelskugel sind; mithin ist jeder Punkt des Aequators 90 Grade von diesen beiden Polen (dem nördlichen und südlichen Weltpole) entfernt. Alle durch diese Pole gehenden größten Kugelkreise (nämlich die Mittags= und Abweichungskreise) durchschneiden den Aequator rechtwinklig, und letzterer ist stets zur Hälfte über dem Horizonte, also sichtbar, und zur Hälfte unter dem Horizonte, also unsichtbar, weil während der scheinbaren täglichen Umdrehung der Himmelskugel jeder Punkt des Aequators der Reihe nach durch den Ost= und Westpunkt des Horizonts geht. Den Aequator durchschneidet in zwei, einander diametral gegenüber liegenden Punkten, in den Aequinoctial= oder Nachtgleichenpunkten, die Ekliptik (s. d. Art.), woher auch der Aequator seinen Namen (Gleicher) hat, indem, sobald die Sonne in einem dieser beiden, der Ekliptik und dem Aequator zugleich angehörenden, Punkte steht, alsdann Tag und Nacht auf der Erde gleich sind. Der Aequator wird in 360 Grade oder 24 Stunden eingetheilt, welche wegen der geraden Aufsteigung (s. d. Art. Aufsteigung, gerade) so gezählt werden, daß das Frühlingsäquinoctium 0 Grade oder 0 Stunden und das Herbst=äquinoctium 180 Grade oder 12 Stunden erhält (s. d. Art. Sternzeit). — Die Lage des Aequators am gestirnten Himmel wird durch den Stern η auf der Brust des Antinous, die Sterne π, ζ und η in der östlichen Hand des Wasser=mannes, den Stern α am Bande der Fische, den Stern δ am Gürtel des Orions und den Stern β am untern Flügel der Jungfrau sehr nahe angegeben. J.

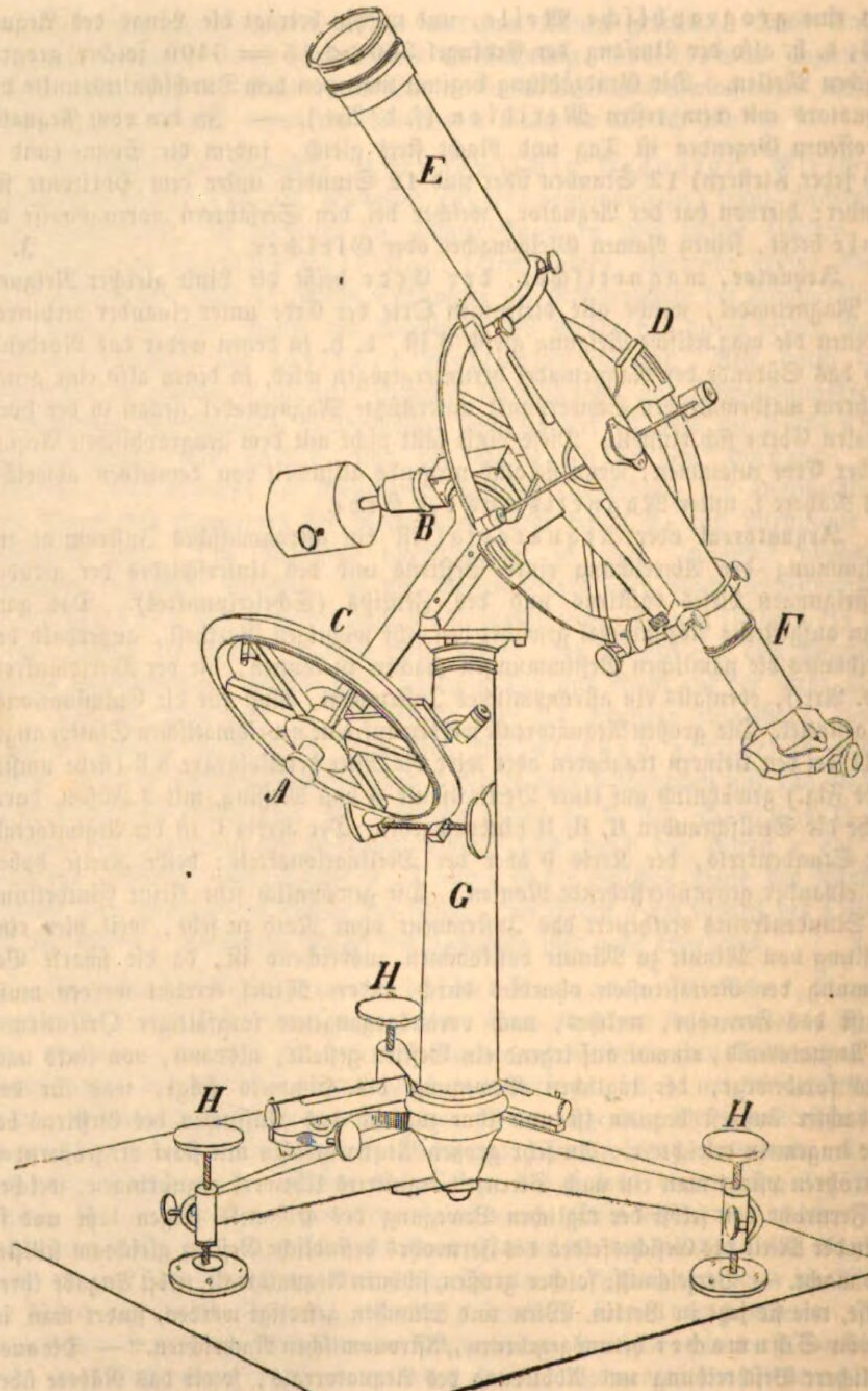
Aequator der Erde, geographischer Aequator, Gleicher, Aequi=noctiallinie oder Linie (lat. Aequator, franz. équateur de la terre, la ligne; engl. equator, line), ist der von dem Nord= und Südpole (den Endpunkten der Rotationsaxe) der Erdkugel überall gleich weit entfernte, d. h. um 90° abstehende größte, mit dem Himmelsäquator in einer Ebene liegende, die Erdoberfläche in die nördliche und südliche Halbkugel (Hemisphäre) abtheilende Kreis, nach dessen Richtung (von Westen nach Osten) die tägliche Umdrehung der Erde erfolgt, so daß jeder Punkt der Erde täglich einen Kreis beschreibt, welcher dem Aequator parallel ist. Der Aequator durchschneidet den untern Theil von America an der Grenze von Terrafirma, das große Weltmeer, Africa, und dann im Süden von Asien die Inseln Sumatra, Borneo, Celebes, sowie das Südmeer. Der Aequator der Erde wird, gleich dem des Himmels, mit welchem er in derselben Ebene liegt, in 360 Grade (wie überhaupt jeder Kreis), die man in der Richtung von Abend nach Morgen zählt, getheilt; den 15ten Theil eines solchen Grades nennt

*) Vergl. Young, An Enquiry into the princ. phenom. of Sound. P. II. Sect. V. Deutsch in Gilb. Ann. Bd. X. S. 57. Pellisow in Pogg. Ann. Bd. XIX. S. 237.

man eine geographische Meile, und mithin beträgt die Länge des Aequators, d. h. also der Umfang der Erdkugel 360 × 15 = 5400 solcher geographischen Meilen. Die Gradzählung beginnt man von dem Durchschnittspunkte des Aequators mit dem ersten Meridian (s. d. Art.). — In den vom Aequator getroffenen Gegenden ist Tag und Nacht stets gleich, indem die Sonne (und so auch jeder Fixstern) 12 Stunden über und 12 Stunden unter dem Horizonte sich befindet; hiervon hat der Aequator, welcher bei den Seefahrern vorzugsweise die Linie heißt, seinen Namen Gleichmacher oder Gleicher. J.

Aequator, magnetischer, der Erde heißt die Linie gleicher Neigung der Magnetnadel, welche alle diejenigen Orte der Erde unter einander verbindet, in denen die magnetische Neigung gleich 0 ist, d. h. in denen weder das Nordende noch das Südende der Magnetnadel heruntergezogen wird, in denen also eine genau in ihrem mathematischen Schwerpunkt unterstützte Magnetnadel genau in der horizontalen Ebene sich einstellt. Diese Linie fällt nicht mit dem geographischen Aequator der Erde zusammen, wenn sie auch nirgends allzuweit von demselben abweicht. Das Nähere s. unter Magnetismus der Erde.

Aequatoreal oder Aequatorial ist ein astronomisches Instrument zur Bestimmung der Abweichung eines Gestirns und des Unterschiedes der geraden Aufsteigungen dieses Gestirns und des Zeniths (Scheitelpunktes). Das ganz genau aufgestellte Aequatoreal gewährt den sehr wichtigen Vortheil, außerhalb des Meridianes die nämlichen Bestimmungen machen zu können, die der Meridiankreis (s. d. Art.), ebenfalls ein astronomisches Instrument, bloß für die Culminationszeit gestattet. Die großen Aequatoreale werden auf einem prismatischen Stative angebracht, bei den kleinern tragbaren aber wird die Mitte der Polaraxe A B (siehe umstehende Fig.) gewöhnlich auf einer Verticalsäule G von Messing, mit 3 Füßen, durch welche die Stellschrauben H, H, H hindurchgehen. Der Kreis C ist der Aequatoreal- oder Stundenkreis, der Kreis D aber der Declinationskreis; beide Kreise haben zwei einander gegenüberstehende Nonien. Die gewöhnlich sehr kleine Eintheilung des Stundenkreises vertheuert das Instrument ohne Noth zu sehr, weil hier eine Theilung von Minute zu Minute vollkommen ausreichend ist, da die scharfe Bestimmung der Rectascension ohnedies durch andere Mittel erreicht werden muß. F E ist das Fernrohr, welches, nach vorausgegangener sorgfältiger Orientirung des Aequatoreals, einmal auf irgend ein Gestirn gestellt, alsdann, von links nach rechts fortbewegt, der täglichen Bewegung des Himmels folgt, was für den Beobachter äußerst bequem ist und ihm zugleich das Aufsuchen des Gestirns bei Tage ungemein erleichtert. An sehr großen Aequatorealen mit stark vergrößernden Fernröhren pflegt man ein nach Sternzeit regulirtes Uhrwerk anzubringen, welches das Fernrohr von selbst der täglichen Bewegung des Himmels folgen läßt und so das in der Mitte des Gesichtsfeldes des Fernrohrs befindliche Gestirn gleichsam stillstehend macht. — Verzeichnisse solcher großen, schönen Aequatoreale, nebst Angabe ihrer Preise, wie sie jetzt in Berlin, Wien und München gefertigt werden, findet man in den von Schumacher herausgegebenen „Astronomischen Nachrichten.“ — Die ausführlichere Beschreibung und Abbildung des Aequatoreals, sowie das Nähere über Berichtigung seiner Fehler, seinen Gebrauch und die Berechnung der mit ihm angestellten Beobachtungen s. in Jahn's Lehrbuch der praktischen Astronomie, (Berlin 1834) II. Theil, 10. Cap. S. 139 u. ff. Der praktische Astronom muß die Fehler des Instruments sehr häufig von neuem untersuchen, weil er sich auf die Be-



ständigkeit dieser Fehler nicht verlassen kann und darf, welche Unbeständigkeit ihren Grund nur in dem zusammengesetzten Bau des Aequatoreals hat. Diese oft zu

wiederholende Untersuchung ist aber so ungemein beschwerlich, daß der Astronom gewöhnlich lieber ein Mittel anwendet, durch welches er sich während der Beobachtungen von einer solchen lästigen Arbeit und von der Unbeständigkeit des Instrumentes überhaupt unabhängig machen kann. Dieses treffliche Mittel nun besteht in der Anwendung von Differentialbeobachtungen (s. d. Art.). J.

Aequinoctialkreis, Aequinoctiallinie, s. Aequator, astronomischer, geographischer.

Aequinoctien, s. Nachtgleichen.

Aequivalent, s. Atom.

Aërodynamik, s. Mechanik.

Aërolith, s. Meteorsteine.

Aërometrie, s. Mechanik.

Aëronautik, s. Luftball.

Aërostat, s. Luftball.

Aërostatik, s. Mechanik.

Aether, Himmelsluft (v. d. lat. aether, Himmelsluft), eine feine elastische Flüssigkeit, welche, wie man meint ohne sie zu kennen, den Weltraum erfüllen soll und in welcher sich die Weltkörper bewegen sollen. Wäre solch eine Flüssigkeit wirklich vorhanden, so müßte sie nicht allein das durch sie gehende Licht schwächen, sondern auch allmälig die Bewegung der Planeten verzögern, wenn die Abstände derselben von der Sonne sich gleich bleiben. Man hat indessen bis jetzt noch bei keinem Planeten eine Abnahme der Umlaufszeit bemerken können, dagegen hat Encke*) allerdings bei dem von ihm beobachteten Kometen eine Beschleunigung der Umläufe bemerkt, die sich vielleicht aus dem Vorhandensein eines Aethers erklären läßt. Gäbe es nämlich einen Aether, so müßten sich die bewegten Weltkörper bei Verminderung ihrer Geschwindigkeit der Sonne nähern; bei Verminderung ihres Abstandes von der Sonne würde sich aber auch die Zeit ihres Umlaufes um dieselbe vermindern. Die Natur der Kometen ist noch zu wenig bekannt, um aus jener von Encke beobachteten Erscheinung mit Sicherheit auf das Dasein des Aethers schließen zu können, und ebenso wenig ist nachgewiesen, daß eine nur durch das Vorhandensein des Aethers erklärliche Schwächung des Lichtes stattfinde. Giebt es einen den Weltraum erfüllenden Aether, so muß er jedenfalls außerordentlich dünn sein. Man kann dies aus folgender Betrachtung ableiten**). Das weiße Licht besteht bekanntlich aus sieben Farben, und wenn es durch ein Medium hindurchgeht, so bewegen sich die sieben farbigen Lichtstrahlen, welche zusammen das weiße Licht geben, mit ungleicher Geschwindigkeit. Nun giebt es periodische weiße Sterne, d. h. Sterne, welche abwechselnd uns ihr weißes Licht zusenden und wieder verschwinden. Wäre nun der Aether, durch welchen sich das weiße Licht eines solchen Sternes hindurchbewegt, von irgend erheblicher Dichtigkeit, so müßten die Strahlen gewisser Farben zeitiger bei uns ankommen, als die Strahlen anderer Farben, d. h. der Stern müßte nach einander verschiedene Färbungen annehmen, bis endlich seine weiße Farbe sich herstellte. Auch das Verschwinden des Sternes müßte durch

*) Bode's astron. Jahrb. f. 1826. S. 124. — Vergl. Brandes in Gehler's Phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 275.

**) Vgl. Arago's Analyse des Lebens und der Arbeiten Herschel's in: Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde von Arago. Bd. VI. S. 277.

Farbenübergänge geschehen. Bedenkt man, daß das Licht eines Fixsternes trotz seiner ungeheuren Geschwindigkeit sicher über drei Jahre gebraucht, um zu uns zu gelangen, so sieht man, daß schon bei einer sehr geringen Dichte die einzelnen Farbenstrahlen in beträchtlichen Abständen eintreffen müßten. Da aber eine solche Farbenerscheinung an periodischen weißen Sternen nicht beobachtet wird, so muß der Aether, wenn er überhaupt vorhanden ist, von einer Dünnheit sein, welche für unsere Vorstellung mit der einer vollkommenen Leere gleichbedeutend erscheint.

Man hat, um die Fortpflanzung des Lichtes und der Wärme mit ihren Eigenthümlichkeiten sich leichter vorstellen zu können, auch von einem Lichtäther und einem Wärmeäther gesprochen, ebenso wie man zur Erklärung der Elektricität und des Magnetismus von Fluiden (Flüssigkeiten) redet, welche man ebenfalls als Aether hätte bezeichnen können. Von dem Lichtäther nimmt man an, daß derselbe eine höchst elastische Flüssigkeit sei, die den ganzen Weltraum erfülle und in die feinsten Zwischenräume aller Körper bis zu den letzten Bestandtheilen derselben eindringe. Er soll eben das Medium sein, durch welches das Licht sich dergestalt fortpflanzt, daß von den leuchtenden Körpern ausgehende Schwingungen den Aether in schwingende Bewegung versetzen.

Auch die Wärme pflanzt sich fort, man spricht von Wärmewellen wie von Lichtwellen, beide sind aber nicht identisch, wie schon daraus hervorgeht, daß in gewissen Fällen Körper die Wärmewellen absorbiren, die Lichtwellen dagegen durchlassen, und so hat man denn auch von einem eigenen Wärmeäther gesprochen. Man legt jedem solchen Aether, den man der Theorie zu Liebe erfindet, diejenigen Eigenschaften bei, welche man braucht, um die gemachten Beobachtungen in die Form einer Erklärung der Erscheinungen zu bringen.

Auch die Alten sprechen bekanntlich schon von einem Aether, als welcher den Weltraum erfüllen soll. Nach Aristoteles war aber dieser Aether nicht materiell in dem Sinne, wie die alle irdischen Dinge constituirenden vier Elemente (s. Aggregationsformen), sondern als weder schwer noch leicht (d.h. weder nach dem Mittelpunkte hin sich bewegend, noch von ihm ab, welcher Gegensatz die Elemente, die Aggregationsformen bedingt) ist der Aether selbst im Kreislaufe begriffen, die Ursache der Kreisbewegung aller Weltkörper: der in sich bewegte „Raum, welcher den Namen hat von der ewigen Bewegung"*), ἀπὸ τοῦ θεῖν ἀεὶ.

Aether, Schwefeläther (lat. Aether sulphuricus), Naphtha oder Vitriolnaphtha, Aethyloxyd, Aetherinhydrat, nennt man eine wasserhelle, tropfbare, sehr bewegliche Flüssigkeit, die äußerst flüchtig ist, beim Verdunsten Kälte hervorbringt, angenehm riecht, kühlend, süßlich gewürzhaft schmeckt, sich sehr leicht entzündet und mit heller Flamme brennt. Das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit bei $+20^0$ ist nach Gay-Lussac $= 0{,}7154$, nach Saussure $= 0{,}7155$, nach Dumas und Boullay $= 0{,}71654$; nach den letztgenannten Chemikern siedet sie unter $0^m{,}745$ Barometerstand bei $+ 34^0$ C., nach Gay-Lussac unter $0^m{,}76$ bei $35^0{,}66$, nach Desprez bei 35^0, nach Muncke bei 36^0 und nach Dalton bei $35^0{,}55$. Der Aether setzt, wie Fourcroy und Vauquelin dargethan, bei -31^0 kleine krystallinische Blättchen ab, welche wahrscheinlich Aetherhydrat sind, und erstarrt erst bei -44^0 C. zu einer festen weißen Masse. Das specifische Gewicht des Aetherdampfes fanden Berzelius und Dulong $= 2{,}581$,

*) Arist. de coelo I., 3. Vgl. Marbach, Gesch. der griech. Philosophie. S. 269.

Gay-Lussac = 2,586; Dulong das Lichtbrechungsvermögen des Aethers zu 5,177. Die chemische Formel für seine Zusammensetzung ist $C^4H^{10}O$. Man erhält den Aether durch die Einwirkung mehrfacher Substanzen auf Alkohol, gewöhnlich dadurch, daß man ein Gemenge von englischer Schwefelsäure und Alkohol bis zu + 140° erhitzt, bei welcher Temperatur die Aetherbildung rasch von Statten geht, und man erhält im Destillate ein Gemenge von Aether und Wasser, während die Schwefelsäure zurückbleibt und nach Zusatz von mehr Alkohol zur Bildung einer neuen Quantität Aether die Veranlassung wird. Man erklärt sich die Aetherbildung durch Zersetzung des Alkohols aus der Verwandtschaft der Schwefelsäure zum Aether, indem nämlich bei Erhitzung der Mischung eine Verbindung beider Substanzen sich bildet, die bei einer Temperatur von 140° wiederum zerlegt wird, indem Aether sich abscheidet, welcher nebst dem bei Bildung jener Vereinigung aus dem Alkohol sich abscheidenden Wasser überdestillirt. Auch die Phosphorsäure (Lassaigne) und die Arseniksäure (Boullay) verhalten sich ganz ähnlich wie die Schwefelsäure; man erhält bei der Destillation derselben mit Alkohol ebenfalls Aether, jedoch dauert die Aetherbildung in diesem Falle nicht ununterbrochen fort, indem die angeführten Säuren das aus dem Alkohol abgeschiedene Wasser aufnehmen und nicht wieder fahren lassen, wodurch die Lösung bald zu verdünnt wird, um noch Aether zu erzeugen. Auch durch andere Substanzen kann man aus dem Alkohol Aether erzeugen, namentlich bei Anwendung von Fluorbor*), von Zinkchlorür**) und anderen Chlorüren. Die Bildung von Aether durch Einwirkung der zuletzt angeführten Substanzen beruht wahrscheinlich auf einer reinen Wasserzersetzung, wodurch dem Alkohol das Wasser entzogen wird, indem z. B. das Fluorbor dabei in Borsäure und Borfluorwasserstoffsäure zerfällt rc. — Der Aether giebt bei der Einwirkung verschiedener Agentien eine große Anzahl von Zersetzungsproducten und mannigfachen Verbindungen. Durch eine langsame und unvollständige Verbrennung des Aethers bei Gegenwart von nur wenig Sauerstoff erhält man die sogenannte Aethersäure oder Lampensäure; leitet man den Aetherdampf durch eine heiße Porzellanröhre, die jedoch noch nicht glüht, so zerlegt sich der Aether in Aldehyd, Wasser, ölbildendes Gas, Grubengas und Kohle; durch Einwirkung von wasserfreier Schwefelsäure bildet sich die Isäthionsäure (Magnus) und durch Einwirkung von Chlor erhält man unter verschiedenen Umständen verschiedene Producte, in welchen der Wasserstoff des Aethers durch Chlor ganz oder zum Theil verdrängt und ersetzt worden ist. Der Aether löst Phosphor, auch Jod und Eisenchlorid auf, welche Auflösungen, namentlich die phosphorhaltige, in der Medicin angewendet werden; eine Mischung von Alkohol und Aether bildet den Schwefeläther-Weingeist, Hoffmann's schmerzstillende Flüssigkeit, Hoffmann'sche Tropfen (Liquor anodynus mineralis Hoffmanni), und Aether, Weingeist und Eisenchlorid den eisenhaltigen schmerzstillenden Liquor, oder Bestuscheff's Nerventinctur, oder de Lamotte's Goldtropfen (Tinctura tonico-nervina Bestuschefli). E. W.

Aetherarten, zusammengesetzte Aether oder Naphthen, sind die theils sauren, theils neutralen Verbindungen des Aethers mit organischen sowohl als unorganischen Säuren; auch wird die angeführte Benennung oft nur für

*) Dessosses, Journ. f. prakt. Ch. Bd. XIII. S. 499.
**) Massoni, Journ. f. prakt. Ch. Bd. XVII. S. 353.

die neutralen Aethyloxydsalze gebraucht, während die sauren Weinsäuren oder Aethersäuren heißen. Der Aether verhält sich also gegen Säuren ganz wie eine Base oder ein Metalloxyd; er verbindet sich mit 1 oder 2 At. der Sauerstoffsäure, während er bei Berührung mit einer Wasserstoffsäure unter den geeigneten Verhältnissen Wasser bildet und sein Radical C^4H^{10} mit dem Radical der Säure sich vereinigt; auch bilden die letzteren Verbindungen zuweilen unmittelbar mit Wasserstoffsäuren wieder zusammengesetztere Aetherarten, wie es namentlich bei dem Cyanwasserstoffäther ($C^4H^{10}Cy + Cy H^2$), dem Mercaptan ($C^4H^{10}S + S H^2$) ꝛc. der Fall ist. Man erhält die zusammengesetzten Aether gewöhnlich dadurch, daß man die Säuren mit dem Aether im Entstehungsmomente des letztern in Berührung bringt; zuweilen erhält man die gewünschte Verbindung schon, wenn man Alkohol mit der Säure zusammen destillirt, z. B. den Oxaläther; gewöhnlich aber nur, oder wenigstens viel leichter und schneller, wenn man zu dem Alkohol außer der betreffenden Säure noch Schwefelsäure zusetzt und dann auf diese Mischung die Hitze einwirken läßt. Mehrere Aether der organischen Säuren lassen sich auch darstellen, indem man in eine alkoholische Lösung derselben einen Strom von Chlorwasserstoffgas bis zur Sättigung der Flüssigkeit hineinleitet, darauf den gebildeten Aether durch Zusatz von Wasser abscheidet und der erforderlichen Reinigung unterwirft, z. B. der Aconitäther, Citraconäther, Hippursäureäther u. a., während dagegen andere sich nur bei Gegenwart der Schwefelsäure bilden, wie der Citronäther, Essigäther ꝛc. Die Verbindungen des Aethers mit Fettsäuren sind meistens krystallinisch, ebenso wie die stickstoffhaltigen zusammengesetzten Aetherarten, wie der Pikrinsalpetersäure-, Indigsäure-, Benzoesalpeter- und Zimmtsalpeter-Aether sich schön krystallisirt darstellen lassen. — Bei Behandlung der Aetherarten mit Alkalihydrat zersetzen sich die erstern, indem das Alkali mit der Säure sich verbindet, während das Wasser des Alkalihydrats mit dem Aether Alkohol bildet; ebenso entsteht bei gleicher Behandlung der Wasserstoffsäureäther Chloralkali und Alkohol. Bei Einwirkung von Chlor oder Brom scheidet sich, je nach den Umständen und nach den verschiedenen Aetherarten, mehr oder weniger Wasserstoff aus, indem an dessen Stelle eine gleiche Atomenzahl von Chlor in die Verbindung eintritt.

E. W.

Aetherisches Oel, **flüchtiges Oel**, **wesentliches Oel**, kommt meistens schon fertig gebildet in Pflanzentheilen und nur wenig in Thiertheilen vor; zuweilen bildet es sich erst durch gegenseitige Einwirkung verschiedener in den Pflanzen enthaltener Stoffe bei Berührung mit Wasser, wie das Senföl, Bittermandelöl, Spiräaöl u. a., oder wird durch trockene Destillation aus organischen Gebilden erzeugt (empyrheumatische Oele). Die natürlich vorkommenden ätherischen Oele gewinnt man meistens durch Destillation der Pflanzentheile mit Wasser, mit dessen Dampf sie, wenn auch ihr Siedepunkt weit über dem des Wassers liegt, mechanisch mit fortgerissen werden und in dem Kühlgefäße sich, je nach ihrem specifischen Gewichte, entweder auf der Oberfläche des condensirten Wassers oder auf dem Boden des Gefäßes ansammeln; einige, wie das Citronen- und Bergamottöl, erhält man auch schon durch Auspressen der dieselben einschließenden Substanz. Manche der ätherischen Oele kommen in Verbindung mit Harzen als Balsame vor und fließen als solche aus Bäumen aus; viele sind auch Gemenge oder Verbindungen von festen fett- oder kampherartigen Körpern (Stearopten) mit flüssigen Oelen (Eläopten), welche beide Substanzen meist durch Kälte schon sich trennen lassen,

oder sie bestehen aus einem sauren und einem indifferenten Oel (wie z. B. das Nelkenöl). Meistens sind sie im reinen frisch destillirten Zustande farblos, einige jedoch gelblich (Zimmtöl), andere grün (Cajeputöl) oder blau (Chamillenöl). Sie besitzen einen stark aromatischen Geruch, sind leicht entzündlich und brennen, wegen ihres hohen Kohlenstoffgehaltes, mit leuchtender, stark rußender Flamme. Nach ihrem specifischen Gewichte unterscheiden sie sich als schwere, die im Wasser zu Boden sinken, und als leichte ätherische Oele, die auf der Oberfläche des Wassers schwimmen; die letztere Classe bildet die Mehrzahl. Ihrer chemischen Zusammensetzung nach kann man sie in sauerstofffreie, sauerstoffhaltige und schwefelhaltige eintheilen. Gewöhnlich ziehen sie aus der Luft leicht Sauerstoff an, mit welchem sie sich verbinden und allmälig in braune oder schwarze Harze sich verwandeln. In Weingeist und Aether sind sie leicht löslich, in Wasser weniger, doch theilen sie ihm ihren Geruch und Geschmack mit. Die sauerstofffreien Oele sind alle leichter als Wasser; es gehören zu dieser Classe unter andern das Terpentinöl, Templinöl, Wachholderöl, Elemiöl, Pomeranzenblüthenöl, Copaivabalsamöl, das indifferente Nelkenöl und Baldrianöl, das Olibanumöl u. a. Sie besitzen alle eine Zusammensetzung, welche der Formel $^5/_8$CH entspricht, obgleich die Anzahl der Atome nicht bei allen dieselbe zu sein scheint. Ebenso zusammengesetzte Oele erhält man aus einigen sauerstoffhaltigen ätherischen Oelen, wenn man sie mit Alkalien oder auch einigen Säuren der Destillation unterwirft, wie dies z. B. von Schweizer bei dem Kümmelöl, als er es mit Kali oder auch mit Phosphorsäure destillirte, gefunden wurde. Auch bilden die angeführten Oele zuweilen, wenn sie unter geeigneten Umständen mit Wasser in Berührung gelassen werden, Hydrate (so das Copaivaöl, Terpentinöl u. a.). Salpetersäure oxydirt diese, wie überhaupt alle ätherischen Oele zu harzähnlichen, gelben oder braunen Massen, die gegen Metalloxyde meist als Säuren sich verhalten und unlösliche Verbindungen mit ihnen eingehen. Zu den sauerstoffhaltigen Oelen gehört das Bittermandelöl, Zimmtöl, das saure Nelkenöl, Lorbeeröl, Bergamottöl, Rosenöl, Cajeputöl, Anisöl, Kümmelöl, Pfeffermünzöl, Lavendelöl u. a. Ihre Zusammensetzung ist oft von der Art, daß man sie als Oxydationsstufen, oder Hydrate, oder als Oxydhydrate von einem Radical betrachten kann, das ebenfalls nach der Formel C^5H^8 zusammengesetzt ist; jedoch haben manche, wie das Nelkenöl, Zimmtöl u. a., eine ganz andere Zusammensetzung. Das Bittermandelöl läßt sich durch Oxydation vollständig in Benzoesäure, wie das Zimmtöl in Zimmtsäure verwandeln. Schwefelhaltige Oele sind namentlich das flüchtige Senföl, welches mit Ammoniak eine feste krystallinische Verbindung eingeht, das Meerrettigöl, Knoblauchöl, Löffelkrautöl und Stinkasantöl (Oleum Asae foetidae). E. W.

Aethrioskop (v. d. griech. *αἰθρία*, der freie Himmel, und *σκοπεῖν*, beobachten) ist ein von Wollaston*) oder Leslie**) erfundenes, von Murray***) vervollkommnetes Instrument, welches den Zweck hat, die von der größeren oder geringeren Heiterkeit des Himmels abhängige Strahlung der Erde gegen den Himmel zu beobachten. Dasselbe besteht aus einem ungefähr 4 Zoll Durchmesser haltenden parabolischen Spiegel und einem höchst empfindlichen Thermometer, dessen

*) Edinb. Philos. Journ. N. IX. p. 176.
**) Edinb. Philos. Transact. T. VIII. p. 484.
***) Edinb. Philos. Journ. N. XII. p. 356.

Scala äußerlich am Gestelle des Instrumentes sich befindet, während die geschwärzte Kugel desselben im Brennpunkte des Spiegels steht. Der Spiegel ist nach oben gegen den Himmel gerichtet und mit einem leichten Metalldeckel verschließbar. Um zu beobachten, stellt man das Instrument mit geschlossenem Deckel im Freien auf und wartet, bis das Thermometer desselben den gleichen Stand hat mit einem freien Thermometer, bis also das Instrument die Temperatur der es umgebenden Luft angenommen hat. Hebt man hierauf den Deckel von dem Spiegel, so ändert das mit diesem verbundene Thermometer seinen Stand. Es sinkt desto tiefer, je größer die Heiterkeit des Himmels ist. Bei wolkigem Himmel dagegen findet nicht selten ein Steigen des Thermometers statt. Der Stand desselben ändert sich, sowie der Anblick des Himmels sich verändert. Leslie wendet bei dem Aethrioskop sein Differentialthermometer an *). Nobili **) hat vergleichende Beobachtungen mit dem Aethrioskop und seinem Thermomultiplicator angestellt, welche zu Gunsten des letzteren ausfielen, indem derselbe sich noch viel empfindlicher als das Aethrioskop zeigte.

Aetzen ist im Allgemeinen das Zerstören der Oberfläche irgend eines Körpers durch auflösend auf denselben einwirkende Flüssigkeiten oder Dämpfe. Das Aetzen wird für viele technische Zwecke angewandt und gewöhnlich ein Theil des zu ätzenden Körpers durch einen sogenannten Aetzgrund gegen die Einwirkung des Aetzmittels geschützt. Der Kuperstecher z. B. überzieht die Kupferplatte mit einem undurchsichtigen Firniß, führt mittelst einer Nadel die Zeichnung aus und ätzt diese in die Platte ein, indem er auf die von dem Firniß befreiten Stellen verdünnte Salpetersäure einwirken läßt; ebenso kann man eine Glasplatte mit Wachs überziehen und, nachdem man dasselbe von den betreffenden Stellen wieder weggenommen hat, auf diese mittelst Fluorwasserstoffsäure dauerhaft zeichnen. Auch der lithographische Stein (Kalkstein) wird ebenso durch verdünnte Salpetersäure geätzt, wenn man die Zeichnung auf denselben mittelst sogenannter lithographischer Kreide aufgetragen hat, welche die Einwirkung der Säure auf die bezeichneten Stellen des Steines hindert. Zum Behufe der Darstellung von Lithographien bedient man sich oft einer Aetzflüssigkeit, welche aus 6 Theilen Chlorcalcium, 4 Th. Gummi, 1 Th. Salzsäure und 19 Th. Regenwasser besteht. E. W.

Aetzkali, Aetzkalk rc., s. Kali, Kalk rc.

Affinität, s. Verwandtschaft.

Afterkrystall, s. Krystall.

Agens (v. d. lat. agere, in Bewegung setzen), Mehrzahl: Agentien, ist ein in den Naturwissenschaften häufig gebrauchter Ausdruck für: wirkende, bewegende Ursache oder Kraft. Auch bezeichnet man als Agens dasjenige selbst, was sich in gewisser Beziehung als wirkende Ursache verhält. Reagens, Mehrzahl: Reagentien bezeichnet im Allgemeinen, was eine Gegenwirkung hervorbringt, und wird namentlich in der Chemie gebraucht. (S. d. Art.)

Aggregat (v. d. lat. aggregare, zusammenhäufen) nennt man (namentlich in der Mineralogie) ein Gebilde, welches aus einem Haufen verschiedener an einander haftender Körper besteht. In der Physik betrachtet man jeden einzelnen Körper als zusammengesetzt

*) Nicholson's Anweisung zur Kenntniß rc. aller Arten Thermometer rc. 2. Aufl. 1833. S. 72.

**) Pogg. Ann. Bd. XXVII. S. 455.

aus einer Menge unter einander und mit dem Ganzen gleichartiger Theile, während man in der Chemie die Körper als aus den verschiedenartigsten Stoffen zusammengemischt sich vorstellt, so daß das Gemisch andere Eigenschaften besitzt als die Mischtheile und diese wieder unter einander durch besondere Eigenschaften sich unterscheiden. Eine Verschiedenheit der Körper in physikalischer Hinsicht findet daher zunächst nur statt in Bezug auf die Art des Zusammenhanges ihrer Bestandtheile. In dieser Rücksicht nun unterscheidet man drei Classen von Körpern, deren jeder eine eigenthümliche Art des Zusammenhanges der Bestandtheile zukommt, und entsprechend drei Aggregationsformen, Aggregationszustände, Aggregatzustände: feste Körper, flüssige Körper, ausdehnsame Körper. Die festen Körper sind aus ihren Bestandtheilen in der Art zusammengesetzt, daß diese in einer für jeden einzelnen Körper ganz bestimmten Folge um und neben einander liegen, auch nicht anders von einander getrennt werden können als gewaltsam und durch Zerstörung des Ganzen Die Aneinanderhäufung der Bestandtheile bestimmt in ihrer Eigenthümlichkeit die besondere (individuelle) Gestalt jedes einzelnen Körpers. Dagegen liegen die Bestandtheile der flüssigen Körper um und neben einander, indifferent gegen den Platz, welchen sie im Ganzen einnehmen, können also mit Leichtigkeit verschoben werden, lassen sich von einander trennen und verbinden sich wieder. Hierbei zeigen dieselben ein Bestreben, die Kugelgestalt anzunehmen, Tropfen zu bilden; dies und das Gesetz der Schwere, welchem die flüssigen Körper gehorchen, indem ihre Bestandtheilchen über einander sich hinschieben, bedingt dann die Gestalt der flüssigen Körper, welche eben deswegen nicht individuell, sondern von den festen Körpern, welche sie umgeben (von den Gefäßen, in welchen die Flüssigkeiten aufbewahrt werden), abhängig ist. Oberwärts bildet sich bei den flüssigen Körpern unter dem Einflusse der Schwere eine horizontale Oberfläche, der Spiegel oder das Niveau genannt. Die ausdehnsamen Körper endlich haben Bestandtheile, von denen jedes einzelne das Bestreben hat, ins Unendliche nach allen Richtungen sich auszudehnen, welchem Bestreben nur die Gesetze der Schwere, denen auch diese wie alle Körper unterworfen sind, entgegenwirken. Diese Bestandtheile sind nicht nur leicht über einander verschiebbar und einigen sich wieder, nachdem sie zuvor getrennt worden, sondern jedes einzelne drängt gegen alle übrigen nach allen Richtungen hin, so daß in jedem solchen Körper eine innere Spannung, ein von jedem Punkte in ihm ausgehender Druck nach allen Seiten herrscht. Sie sind daher ganz gestaltlos. Wir werden in den betreffenden Artikeln über die einzelnen dieser drei Classen der Körper und ihre eigenthümlichen Aggregationsformen noch ausführlich sprechen. Es scheiden sich aber die irdischen Körper nach den angegebenen Classen keineswegs in der Art, daß jeder irdische Körper ausschließlich nur in eine der genannten Classen gehörte; sondern die Körper gehen im Allgemeinen aus einer Aggregationsform in die andere über. Dies geschieht unter dem Einflusse der Wärme und des Druckes. Den Uebergang aus der festen Form in die flüssige nennt man Schmelzen; den Uebergang aus der flüssigen in die ausdehnsame Verdampfen oder Sieden; den Uebergang aus der ausdehnsamen in die flüssige Flüssigwerden oder Niederschlagen; den Uebergang endlich aus der flüssigen in die feste Form Erstarren, auch Gefrieren. Einer der bekanntesten, in allen drei Aggregationsformen vorkommenden Körper ist das Wasser. Dasselbe erstarrt oder gefriert zu Eis und verwandelt sich beim Sieden in Wasserdampf; dieser schlägt sich nieder zu Wasser, und das Eis schmilzt zu

Wasser. Es ist höchst wahrscheinlich, daß wir jeden irdischen Körper in jeder der drei Aggregationsformen würden darstellen können, wenn wir diejenige Wärme und denjenigen Druck überall zu erzeugen vermöchten, welche nöthig sind, um die einzelnen Körper in den betreffenden Aggregationsformen zu erhalten. Da wir aber nur innerhalb gewisser Grenzen die Erzeugung einer bestimmten Wärme und eines bestimmten Druckes ermöglichen können und in der irdischen Natur Wärme und Druck innerhalb noch engerer Grenzen variiren, da ferner die verschiedenen Körper unter den allerverschiedensten Bedingungen der Wärme und des Druckes ihre Aggregationsform ändern, so sind uns viele von den irdischen Körpern nur in zwei, andere nur in einer Aggregationsform bekannt. Auch hierüber wird das Nähere in den speciellen Artikeln angeführt werden.

Zu den angegebenen drei Aggregationsformen, in welchen die irdischen Körper vorkommen, muß man noch eine vierte fügen, wenn man, wie häufig geschieht, um gewisse Erscheinungen (des Lichtes, der Wärme, der Elektricität und des Magnetismus) zu erklären, die Vorstellung einer sinnlich nicht wahrnehmbaren Materie, eines unwägbaren Stoffes annimmt. Eine solche Materie würde nicht mehr wie die Körper der drei oben erwähnten Aggregationsformen der Schwere unterworfen sein. Vergl. d. Art. Aether, Himmelsluft.

Was wir gegenwärtig Aggregationsformen nennen, das bezeichneten die Alten*) als Elemente (griech. στοιχεῖα). Keineswegs meinten sie, wie ihnen von Solchen nachgesagt worden, die sie nicht verstanden, daß Alles aus Erde, Wasser, Luft und Feuer in der Art bestehe, daß die Dinge, welche im gemeinen Leben mit diesen Namen bezeichnet werden, die Bestandtheile aller Körper ausmachten; sondern ganz so wie wir die ausdehnsamen Körper häufig luftförmige oder wohl gar Luftarten nennen, weil die (atmosphärische) Luft der bekannteste derartige Körper ist, so bezeichneten die Alten

durch Erde alle festen Körper,
durch Wasser alle flüssigen Körper,
durch Luft alle ausdehnsamen Körper,
durch Feuer den der Schwere enthobenen problematischen Stoff, auf welchen Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus auch schon von den Alten, so weit sie solche kannten, zurückgeführt wurden. Die Alten kannten auch die Umwandlungen der Aggregationsformen in einander und wußten, daß dieselben unter dem Einflusse der Wärme geschähen, sowie sie endlich auch von der Schwere und der Ausdehnsamkeit eine, wenn auch nicht ganz richtige, Vorstellung hatten**).

Akronyktischer Auf- und Untergang, s. Aufgang und Untergang der Gestirne.

Aktine, s. Aktinometer.

Aktinometer (v. d. griech. ἀκτίν, Strahl, und μετρεῖν, messen, also Strahlenmesser) nennt man verschiedene von Herschel, Pouillet und Becquerel angegebene Instrumente oder Apparate.

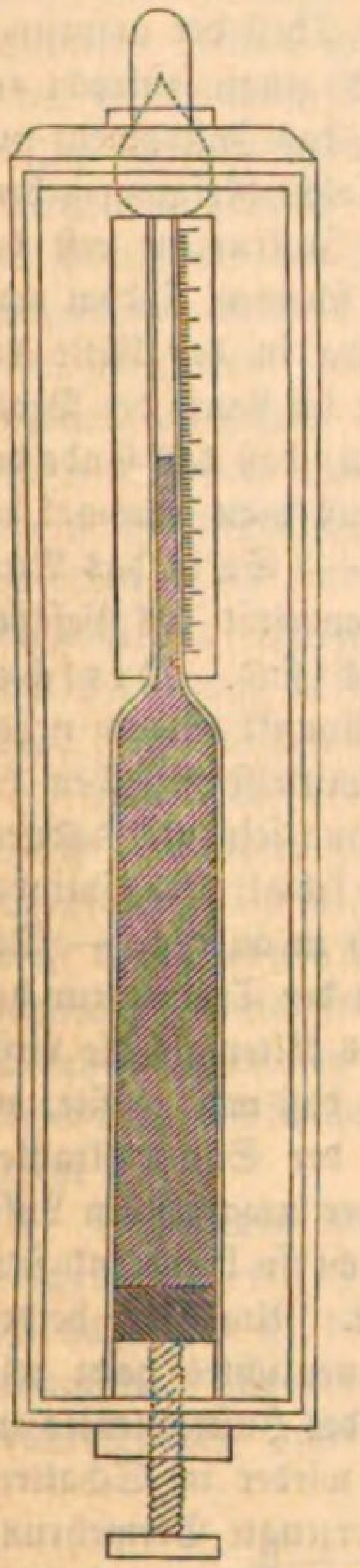
Das von J. F. W. Herschel erfundene Instrument bestimmt die erwär-

---

*) Die Vorstellung von den vier Elementen ist uralt, die Griechen haben sie keineswegs zuerst aufgestellt, sondern aus unvordenklicher Zeit überkommen.

**) Vgl. Marbach, Geschichte der griech. Philosophie S. 74. 269. Biese, Philosophie des Aristoteles Bd. II. S. 59 ff.

mende Kraft der Sonnenstrahlen zu messen. Kämtz, welcher mit einem solchen Instrumente Beobachtungen auf dem Faulhorn angestellt, beschreibt dasselbe und giebt nach einem von Herschel selbst niedergeschriebenem Aufsatze Anweisung zu dem Gebrauche desselben*). Das Aktinometer besteht aus einem großen hohlen Glascylinder; an das eine Ende desselben ist eine Thermometerröhre geschmolzen, die an ihrem obern Theile eine zu einer Spitze ausgezogene Kugel trägt; diese dünne Spitze ist abgebrochen, so daß die Luft frei in die Röhre treten kann. An das andere Ende des Cylinders ist eine Messinghülse gekittet, durch welche eine gut schließende Schraube hindurchgeht, an deren oberem Ende sich ein Kolben befindet, der sich im Innern des Cylinders vermittelst der Schraube auf und ab bewegen läßt. Der Cylinder wird nun mit einer dunkel gefärbten Flüssigkeit (wahrscheinlich eine dunkelblaue Solution eines Kupfersalzes, schwefelsaures Kupferammoniak) gefüllt; wird dann die Kugel an dem Ende der Thermometerröhre voller Luft gelassen und darauf mit etwas Wachs zugeschmolzen, so hat man ein sehr empfindliches Thermometer, an welchem man eine Scale anbringen kann. Der Cylinder wird nun in einem inwendig geschwärzten Kasten befestigt, welcher zur Abhaltung von Luftströmungen durch eine Platte von dickem Spiegelglase geschlossen wird. Der Zweck der Schraube besteht darin, die innere Capacität des Cylinders nach Belieben zu ändern, indem man dafür sorgt, daß das Ende der in der Thermometerröhre enthaltenen Säule weder in den Cylinder zurücktritt, noch in die Kugel hinaufsteigt. Soll nun das Instrument gebraucht werden, so untersucht man zuerst, ob sich nicht etwa Luftblasen im Innern des Cylinders befinden, was man am sichersten durch Neigung des Instrumentes kennen lernt. Sind solche vorhanden, so wird das Instrument vertical gehalten und durch Drehung der Schraube die Flüssigkeit in die am Ende der Thermometerröhre befindliche Kugel getrieben; ist damit zugleich die Luftblase angekommen, so wird die Schraube zurückgedreht, wobei man darauf zu achten hat, daß die Flüssigkeit eine zusammenhängende Säule bildet. Ein wenig von dieser, welches durch Capillarität an den Wänden festgehalten wurde, wird sich vielleicht zu kleinen Tropfen vereinigen; sind diese in nicht zu großer Zahl vorhanden, so verdienen sie keine Beachtung, nur beobachte man stets das Ende der ungetrennten Säule; sind aber viele vorhanden, so muß man die erste Operation wiederholen und die Luft durch Drehen der Schraube entfernen. Im Allgemeinen ist es vortheilhaft, über der ungetrennten Säule eine Luftblase zu lassen, welche eine Länge von etwa 1/4 Zoll hat, jenseits welcher sich ein Tropfen von



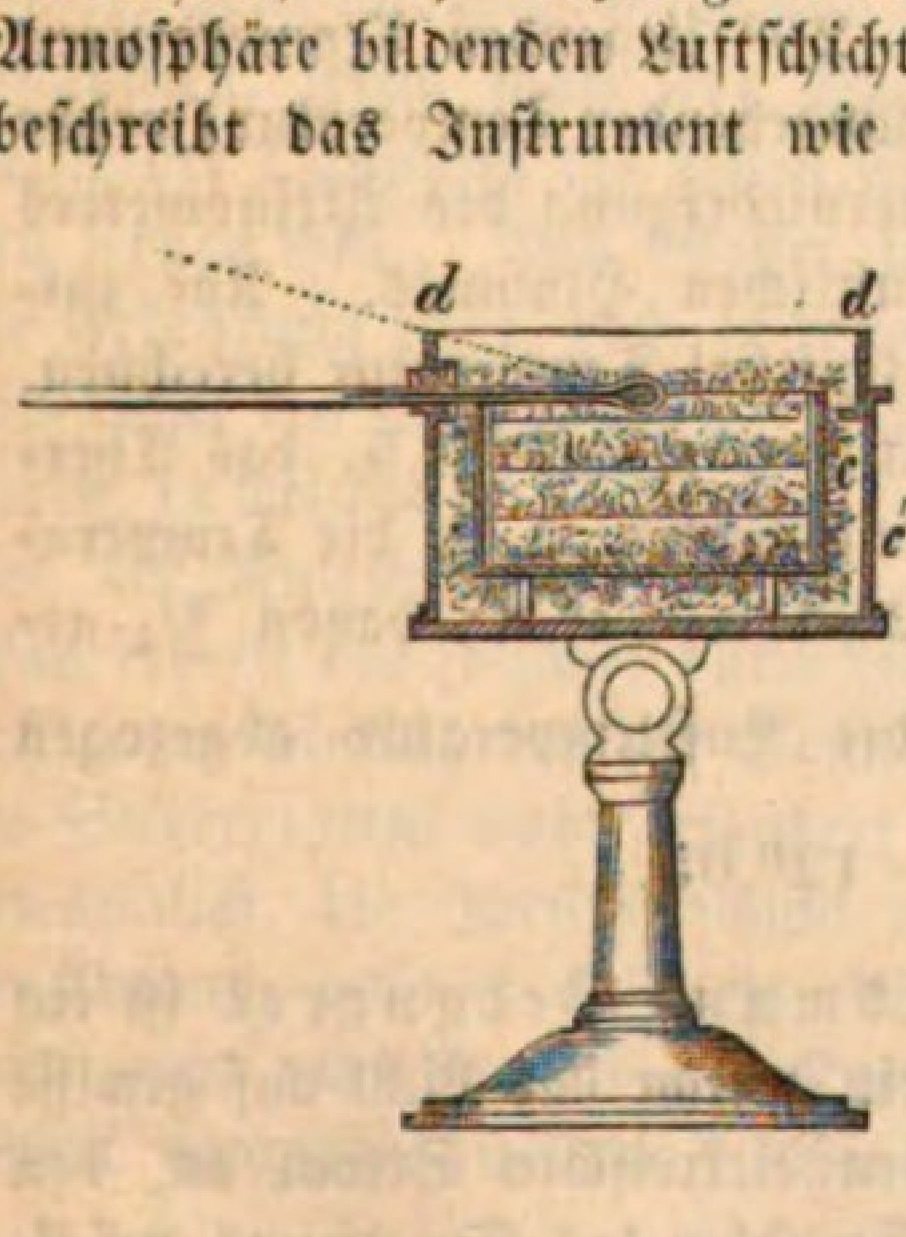
*) Kämtz, Meteorologie Bd. III. S. 15 ff. Vgl. L'Institut. 1834. N. 74. Poggend. Ann. Bd. XXXII. S. 661. Ueber den Gebrauch des Instruments s. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XCV. p. 207 ff.

etwa einem halben Zolle befindet. Ist das Aktinometer so weit vorgerichtet, daß die ganze Masse des Fluidums zusammenhängend ist, so stellt man es so auf, daß der Cylinder horizontal liegt und daß die Sonnenstrahlen genau senkrecht auf den Glasdeckel des oben erwähnten Kastens fallen. Ist dieses der Fall, so ist der Einfallswinkel der ankommenden Strahlen stets derselbe, und der Verlust beim Durchgange durch die Glasplatte ist zu allen Zeiten derselbe aliquote Theil der ursprünglichen Lichtmenge. Stehen die einzelnen Seiten des Kastens genau senkrecht auf einander, so ist es sehr leicht, diese Lage zu finden, man darf das Instrument nur so lange verrücken und ihm durch untergelegte Klötzchen eine solche Neigung geben, daß keine der Seitenflächen einen Schatten wirft. Wird das Instrument erst der Sonne ausgesetzt, so läßt man diese einige Minuten darauf scheinen, indem man die Schraube gleichzeitig dergestalt dreht, daß die Säule etwa in der Mitte der Scale liegt, und beginnt nun erst die Beobachtungen. Sollte im Laufe der Beobachtungen die Flüssigkeit sich so ausdehnen oder zusammenziehen, daß das Ende der Säule in den Cylinder oder in die Kugel treten könnte, so muß man jedesmal die Schraube so drehen, daß es in der Thermometerröhre bleibt. — So ist das Aktinometer nur ein Thermometer, dessen Grade bei der großen Capacität des Gefäßes eine bedeutende Länge haben, sonst aber durchaus willkürlich sind. Herschel läßt die Scale in 100 gleiche Grade theilen, indem er den Nullpunkt an dem neben dem Cylinder befindlichen Ende anbringt. Wollte man vermittelst desselben die wahre Temperatur kennen lernen, so müßte die Scale sehr lang sein und dadurch würde es sehr an Bequemlichkeit verlieren, deshalb hat Herschel dem Cylinder einen beweglichen Boden gegeben, um seine Capacität dadurch zu ändern. — Der Stand, welchen das Aktinometer annimmt, hängt zugleich von der Temperatur der Luft und von der Wirkung der Sonnenstrahlen ab. Wäre es kälter als die Luft, so würde es schon durch Einwirkung der letztern steigen, ohne daß man wüßte, ob diese Ausdehnung der Flüssigkeit von der bloßen Wirkung der Sonnenstrahlen herrührte; sollte aber seine Temperatur höher sein, als die der umgebenden Luft, so würde es durch Ausstrahlung erkalten und in der Sonne nicht so bedeutend steigen, als es ohne diesen Umstand der Fall gewesen sein würde. Um diese beiden Wirkungen von einander zu trennen und die Stärke des Sonnenlichtes ganz rein zu erhalten, beobachtet man etwa eine Minute die Aenderung des Instrumentes im Schatten, hierauf ebenso lange in der Sonne, und endlich wieder im Schatten. Man erhält dadurch die von der Temperatur der Umgebung erzeugte Vermehrung oder Verminderung in den Angaben des Aktinometers während der ersten und dritten Minute; das Mittel beider ist die Größe der Aenderung, welche unter gleichen Umständen in der zweiten Minute gefunden sein würde. Wäre das Instrument in der ersten und dritten Minute gestiegen, so würde es auch in der zweiten Minute im Schatten gestiegen sein, und die Größe, welche man während dieser in der Sonne fand, ist mithin größer als die bloß von der Einwirkung des Sonnenlichtes herrührende; man muß deshalb das Mittel der in der ersten und dritten Secunde erhaltenen Größen von der Aenderung in der zweiten Secunde subtrahiren. Um diese Beobachtungen im Schatten mit Leichtigkeit vorzunehmen, genügt es, eine hölzerne oder metallene Platte dergestalt zu halten, daß der Kasten, in welchem der Cylinder liegt, ganz beschattet wird. — Die Dauer des kleinen Zeitintervalles, während dessen die Wirkung der Sonnenstrahlen beobachtet wird, ist im Allgemeinen gleichgültig; Herschel empfiehlt dazu in der bereits erwähnten handschrift-

lichen Instruction das Intervall einer Minute. — Aus mehreren Reihen von Versuchen weist Kämtz nach, daß der Gang des Instrumentes erst dann gleichförmiger wird, wenn es etwa 50 Secunden hindurch der Erwärmung in der Sonne oder der Erkaltung im Schatten ausgesetzt war, und daß es daher keinesweges gleichgültig ist, wie lange die Beobachtung jedesmal fortgesetzt wird, wofern die zu verschiedenen Zeiten gemachten Messungen mit einander verglichen werden sollen. Diese Erscheinung scheint mit demjenigen im Widerspruche zu stehen, was anderweitige Erfahrungen über die Erwärmung oder Erkaltung der Körper lehren. Gewöhnlich nämlich ist der Verlust oder Gewinn an Wärme im Anfange schneller, als später, wo der Unterschied zwischen den Temperaturen des Körpers und des umgebenden Mittels geringer wird. Indessen würde letzteres Gesetz unstreitig auch dann stattfinden, wenn man das Aktinometer längere Zeit der Sonne oder der Beschattung aussetzte. In den ersten Secunden, wo das Instrument von der Sonne beschienen wird, wirkt die Wärme zunächst auf den Cylinder, dieser erhält dadurch eine verhältnißmäßig größere Capacität, und so steigt die Flüssigkeit langsamer als späterhin. Es findet also hier genau derselbe Umstand statt, welchen man bei empfindlichen Thermometern wahrnimmt, indem diese bei plötzlicher Erwärmung oder Erkaltung in dem ersten Momente etwas sinken oder steigen und erst später ihren gewöhnlichen Gang befolgen.

Die Grade des Aktinometers sind willkürlich, können aber auf eine gemeinschaftliche Einheit zurückgeführt werden, deren allgemeine Einführung Herschel vorschlägt. Die Regel ist folgende: man multiplicire die Scalentheile mit 6,1, so ist das Product die Strahlung in Aktinen. Unter Aktine versteht Herschel nämlich die Intensität der Sonnenstrahlung, welche bei senkrechtem Einfallen der Strahlen hinreichen würde, in einer Minute mittlerer Zeit eine Ein Milliontheil Meter dicke Eisschicht zu schmelzen, wenn dieses Eis horizontal ihrer Wirkung ausgesetzt wäre.

Verschieden von dem eben beschriebenen Instrumente ist das Aktinometer, welches Pouillet angegeben und benutzt hat, um die Zenithaltemperatur zu beobachten, d. h. diejenige Temperatur, welche von dem Weltraum und den die Atmosphäre bildenden Luftschichten dem Thermometer mitgetheilt wird. Pouillet beschreibt das Instrument wie folgt*). Es besteht aus vier Ringen von zwei Decimeter im Durchmesser, welche mit Schwanenflaum gefüttert sind und über einander liegen, damit der Flaum keine Pressung erleidet; das Schwanenfell selbst bildet den Boden jedes dieser Ringe. Dieses System ist eingeschlossen in einen ersten Cylinder c von Silberblech, gleichfalls mit Schwanenfell überzogen und in einen zweiten weiteren Cylinder c′ gestellt. In der Mitte des obersten Flaums ruht (mit der Kugel) ein Thermometer; der Rand d hat eine solche Höhe, daß das Thermometer nur zwei Drittheile der Hemisphäre des Himmels überschaut. Dieser Rand ist mit Löchern durchbrochen in gleicher

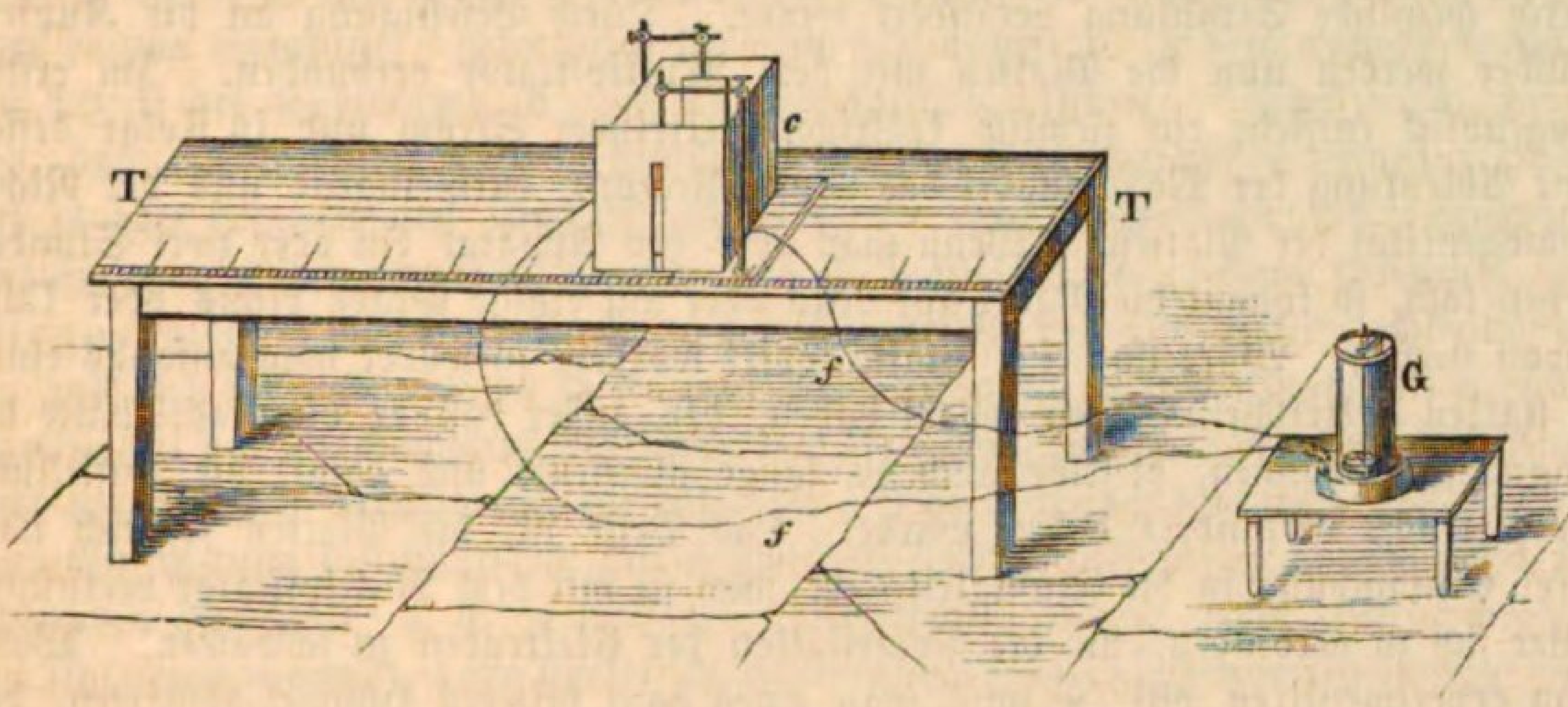


*) Pouillet, Elém. de physique. Liv. VIII. chap. 1. Pogg. Ann. Bd. XLV. S. 489.

Höhe mit dem Flaum, damit die kalte Luft regelmäßig abfließe. Dieser Apparat wird während der Nacht der Strahlung des Himmels ausgesetzt und man beobachtet von Stunde zu Stunde das Thermometer desselben und ein in seiner Nähe befindliches Thermometer, welches frei in der Luft hängt, einen halben Meter über dem Boden. Aus der Differenz der von beiden Thermometern angegebenen Temperaturen oder der Temperaturerniedrigung des Aktinometers, d. h. aus der Anzahl von Graden, um welche das Thermometer des Aktinometers hinter dem andern zurückbleibt, leitet man die Zenithaltemperatur ab. Hierzu muß aber mit dem Apparat eine besondere Gradtheilung vorgenommen werden. Wenn das Aktinometer eine unbegrenzte Oberfläche hätte und im leeren Raume sich befände unter einem halbkugelförmigen Gewölbe, welches eine gleichbleibende Temperatur hätte, so würde es offenbar die Temperatur dieses Gewölbes annehmen. Da es aber im Gegentheil bei seiner wirklichen Gestalt nur zwei Drittheile der Hemisphäre überschaut und von einer Luftschicht umgeben ist, welche es erwärmt, so muß es fortwährend eine höhere Temperatur haben als die des Gewölbes ist. Die Gradtheilung ist nun dazu bestimmt, anzugeben, um wie viel es erwärmt ist, in der Art, daß man nur seine Temperatur und die der umgebenden Luft zu kennen braucht, um daraus die Temperatur des Gewölbes (der Himmels-Hemisphäre) abzuleiten, mit welchem es die strahlende Wärme austauscht. Man übersieht, daß ein einfaches Verhältniß zwischen der Temperatur des Gewölbes und der Temperaturerniedrigung des Aktinometers stattfinden muß. Um dieses Verhältniß zu entdecken, hat Pouillet ein künstliches Himmelsgewölbe mit Hülfe eines Gefäßes von Zink hergestellt, das einen Meter im Durchmesser hatte und auf drei dünnen, zwei Meter hohen Säulen stand. Dieses Gefäß, dessen Inneres geschwärzt wurde, war mit einer es bis zu — 20° erkältenden Mischung gefüllt, und das Aktinometer war dann senkrecht darunter gestellt worden, in solchen Abständen, daß das Thermometer desselben nach einander $^1/_4$, $^1/_3$ und $^2/_3$ der Halbkugel überschaute. In jeder dieser Stellungen ward abgewartet, bis sich das Gleichgewicht der Temperaturen hergestellt hatte, und die gleichzeitige Temperatur der umgebenden Luft und die des Apparates aufgezeichnet. Aehnliche Beobachtungen bei Temperaturen (des künstlichen Himmelsgewölbes) von 0° und bei andern zwischen 0 und — 20° liegenden Temperaturen führten zu folgendem Resultate: wenn man von der umgebenden Temperatur (welche das freie Thermometer anzeigt) $^9/_4$ der Temperaturerniedrigung des Aktinometers abzieht, so findet man stets die Temperatur des künstlichen Himmels. Auf entsprechende Weise läßt sich nun nach Pouillet die Zenithal-Temperatur berechnen. Zeigt also z. B. das freie Thermometer die Temperatur der Luft 5°,5, das Thermometer des Aktinometers — 2,3, so ist die Differenz beider, d. h. die Temperaturerniedrigung des Aktinometers 5°,5 — (— 2°,3) = 7°,8; davon $^9/_4$ genommen giebt $\frac{7{,}8 \times 9}{4} = 17{,}55$ und diese von der Lufttemperatur abgezogen giebt die Zenithal-Temperatur 5,5 — 17,55 = — 12°,05.

Das elektrochemische Aktinometer von Edmund Becquerel ist ein Apparat zur Untersuchung der chemischen Wirksamkeit, welche das Licht auf gewisse Substanzen ausübt; und zwar zeigt der Apparat den elektrischen Strom an, den iodirte Silberplatten erzeugen, wenn die farbigen Strahlen des Spectrums auf sie fallen und eine Zersetzung des Silbers hervorbringen. Der Apparat besteht aus

folgenden Theilen*). Ein Tisch T von zwei bis drei Meter Länge ist mit einem getheilten Lineal versehen, längs welchem mit geringer Reibung ein quadratisches



Bret verschiebbar ist, worauf ein Gefäß c mit Wasser steht. Dieses Gefäß, dessen äußere Seiten geschwärzt sind, bildet einen Würfel von einem Decimeter Seite; es ist gefüllt mit einer verdünnten Lösung von Glaubersalz oder irgend einem andern, die Elektricität leitenden Salz, und darein tauchen zwei dünne Silberplatten, jede von 25 Quadratcentimeter, die durch Silberdrähte an zwei kupfernen Ständern befestigt sind. Diese auf dem Brete befestigten Ständer verbinden die Platten mit den Enden f f eines sehr empfindlichen langdrahtigen Galvanometers G. Vor diesem Gefäß, auf dem Bret, sind zwei Schirme aufgestellt. Einer derselben ist von Kupfer und hat eine aufrechte, rechteckige Oeffnung von einem Centimeter Breite und der Höhe des Gefäßes. Diese Oeffnung entspricht der Mitte des Gefäßes, so daß, wenn man den Schirm beleuchtet, nur der unmittelbar hinter der Oeffnung befindliche Theil der Silberplatte erhellt und von der Strahlung getroffen wird. Diese Oeffnung kann breiter und enger gemacht werden, indem zwei Metallstreifen angebracht sind, die man einander nähern oder von einander entfernen kann. Der andere, ganz undurchsichtige und weiß angestrichene Schirm steht dicht vor dem eben genannten, wenn man jede Wirkung der Strahlung auffangen und den auf die Mitte der Oeffnung des ersten Schirms fallenden Theil des Sonnenspectrums kennen lernen will. Das Wasser in dem Gefäß muß nur wenig leitend sein, denn die Erfahrung zeigt, daß, je besser dasselbe die Elektricität leitet, desto geringer die Intensität des Stromes sei. Das Aktinometer muß in einem verfinsterten Zimmer stehen, in welches das Licht nur durch den Schieber im Fensterladen eindringen kann, und der Multiplicator muß sich wo möglich in einem andern Zimmer befinden. Man erhellt das Zimmer durch eine brennende Kerze, doch so entfernt vom Apparat, daß deren Einfluß den der Sonnenstrahlen nicht unterstützen kann. Nachdem man die Silberplatten wohl gesäubert hat, setzt man sie dem Joddampfe aus, bis, wie gewöhnlich, die Jodsilberschicht eine gelbliche Farbe angenommen hat. Bei einiger Uebung gelingt es leicht, die Platte immer bis zu demselben Grade zu iodiren; man darf sie nur bei Kerzenlicht betrachten, indem die Sonnenstrahlen sie schnell verändern würden. Sind die Platten iodirt, so taucht man sie in das

*) Becquerel, traité de physique. T. II. p. 512. Pogg. Ann. Bd. LV. S. 591 ff.

Gefäß; eine der iodirten Oberflächen muß dem Ausschnitt in dem Schirm zugewandt sein, die andere aber einer der geschwärzten Seiten des Gefäßes, damit sie nicht durch chemische Strahlung verändert werde. Durch Befestigung an die Kupferständer werden nun die Platten mit dem Multiplicator verbunden. Im ersten Augenblick entsteht ein ziemlich kräftiger elektrischer Strom und in Folge dessen eine Ablenkung der Magnetnadel des Multiplicators, entspringend aus der Nichthomogeneität der Platten. Wenn man aber den Apparat ein oder zwei Stunden stehen läßt, so kommt die Nadel auf Null oder auf einige Grade rechts oder links davon zurück. Wäre nur eine Platte iodirt worden, so würde man anfangs einen zu starken elektrischen Strom gehabt haben, der, außer daß er die Nadel hätte demagnetisiren können, dieselbe auch zu lange abgelenkt und damit die Anstellung der Versuche verhindert haben würde. Das Beste ist, die Platten sogleich nach ihrer Eintauchung in die Flüssigkeit, ehe man sie mit dem Multiplicator verknüpft, unter sich zu verbinden, um die Polarisation der Elektroden zu schwächen. Wenn man experimentiren will, so muß man einen ganz heiteren Himmel abwarten, damit während der ganzen Dauer des Versuchs, d. h. während zwei oder drei Stunden, vergleichbare Resultate erhalten werden. Gesetzt nun, die Galvanometernadel stehe still. Steht sie auf Null, und erfolgt nun durch Einwirkung der chemischen Strahlen auf den Jodsilber-Ueberzug der hinter der Oeffnung des Schirms befindlichen Platte ein elektrischer Strom, so wird die Nadel abgelenkt, und man berechnet nach der Tafel aus der Größe des ersten Impulses die entsprechende Intensität des elektrischen Stroms. Bliebe die Nadel auf 10° stehen und würde sie durch den ersten Impuls des Stroms auf 30° geführt, so wäre die Intensität des Stroms gleich dem Unterschiede der Intensitäten, welche die Nadel von 0° auf 30° und von 0° auf 10° getrieben hätten, d. h. in diesem Falle = 33,3 — 10 = 23,3. Hierbei muß man die Strahlen nicht länger auf die hinter dem Schirm befindliche Platte wirken lassen, als nöthig ist, damit die Nadel durch den ersten Impuls abweiche. Um nicht zu stark auf die Platte zu wirken, muß man gleich darauf entweder den Schieber im Fensterladen schließen oder den Schirm vor die Platte stellen. Gesetzt nun, die Galvanometernadel stehe nach diesen Vorsichtsmaßregeln still, das Sonnenspectrum eines Flintglasprisma's sei ebenfalls feststehend und die Platte außerhalb der Wirkung der Strahlen, so daß, wenn man das Gefäß längs der Scale verschiebt, der rothe Theil des Spectrums zuerst auf die Metallplatte fiele. Hält man mit dem Fortschieben des Gefäßes inne, wenn der hinter der Oeffnung des Schirms befindliche Theil der Platte in das Roth gekommen ist, so wird die Nadel nicht aus ihrer Lage weichen; bringt man ihn hierauf successiv in das Orange oder Gelb, so hat man nur eine schwache Ablenkung der Galvanometernadel, höchstens von 2°; erst wenn jener Theil in die blauen Strahlen gelangt, wird die Ablenkung beträchtlicher, und sie erreicht ihr Maximum nahe an der Grenze des Indigo und Violett. In diesem Augenblicke wird also die chemische Action auf ihrem Maximum sein. Die Ablenkung kann, je nach der Zubereitung der Platte, 20 bis 30° erreichen. Jenseits im Spectrum nimmt die Wirkung wieder ab, so daß sie in einem gewissen Abstande vom Violett vollkommen Null sein wird. Schiebt man das Gefäß zurück, das Bret immer gegen die Scale haltend, so führt man es wieder in das Spectrum und zuerst in das Violett. Dann findet man in den brechbarsten Strahlen bis zu den blauen wieder dieselben Ablenkungen für dieselben Stellungen des Aktinometers, wie man leicht aus der Scale ersieht. Rückt

man aber bis zum Grün vor, so erhält man eine stärkere Wirkung als zuvor in denselben Strahlen. Gleiches gilt vom Gelb, Orange und Roth; allein an der Grenze des Gelb und Grün erhält man eine größere Ablenkung als in den grünen oder rothen Strahlen. Hier zeigt sich also eine Wirkung in dem wenigst brechbaren Theile des Spectrums, da, wo vorhin sich keine äußerte. Dies rührt davon her, daß das Jodsilber beim ersten Versuch noch keinen Eindruck erfahren hatte, daß es aber beim zweiten schon der Wirkung der brechbarsten Strahlen ausgesetzt gewesen und daher empfänglich war für die Wirkung der anderen Strahlen, die Becquerel fortsetzende nennt. Setzt man die Platte abermals den violetten Strahlen aus und führt sie von da in die wenigst brechbaren, so findet man für dieselben Stellungen des Aktinometers beträchtlichere Ablenkungen als das zweite Mal, während man in den brechbarsten Strahlen sehr nahe dieselben Zahlen erhält. Eine neue Einführung der Platte in die verschiedenen Theile des Spectrums giebt die nämlichen Resultate, d. h. je mehr die Substanz bereits vom Licht verändert worden ist (impressionné), desto stärker ist die Wirkung der wenigst brechbaren oder fortsetzenden chemischen Strahlen. Diese Verstärkung geht bis zu einer gewissen Grenze, so daß sie die Maximum-Wirkung der erregenden oder brechbarsten übertrifft. Sorgt man dafür, daß bei jedem Versuche das dem untersuchten Theil des Spectrums ausgesetzte Stück der Platte in diesem nicht länger bleibe, als zur Vollendung eines Ausschlags der Nadel erforderlich ist, so verändert sich das Jodsilber wenig, und eine und dieselbe Platte giebt, bei oftmaliger Beleuchtung unter denselben Umständen, nahezu dieselbe Ablenkung.

Akumeter (v. d. griech. ἀκούειν, hören, und μετρεῖν, messen) nennt Itard*) ein von ihm angegebenes Instrument, welches bestimmt ist, vergleichbare Bestimmungen über den Grad der Leichthörigkeit oder Schwerhörigkeit einzelner Menschen anzustellen. Das Instrument besteht aus einer Säule von Holz, von der oben ein horizontaler Stab ausgeht, von welchem ein Stäbchen nach unten reicht, das an seinem unteren Ende einen kupfernen Ring trägt. Vor dem Ringe hängt eine Metallkugel an einem zweiten Stäbchen, das oberwärts durch ein Charnier an die Säule so befestigt ist, daß es in einem beliebigen Winkel gehoben werden kann. Ein Quadrant dient, um diesen Winkel zu messen. Hebt man nun das Stäbchen mit der Kugel um einen beliebigen Winkel und läßt es dann los, so schlägt die Kugel gegen den Ring und dieser giebt einen Ton, welcher um so stärker ist, je größer der Winkel war, um welchen das Stäbchen mit der Kugel aus der lothrechten Stellung entfernt worden war. Will man nun die Hörfähigkeit einer Person mit diesem Instrumente prüfen, so stellt man es in einer beliebigen Entfernung, welche aber genau gemessen werden muß, von jener Person auf. Man instruirt die Person, daß sie durch ein Zeichen es andeuten muß, so oft sie einen Ton des Ringes hört. Hierauf giebt man erst stärkere, dann schwächere Schläge, entfernt das Instrument wo nöthig noch weiter, und setzt auf diese Weise fest, in welcher Entfernung und bei welcher Tonstärke (nach der Größe des Winkels, um welchen die Kugel aufgehoben wurde) das Gehör der betreffenden Person zu versagen anfängt. Mit einem solchen Instrumente hat Freycinet über die Hörfähigkeit der Wilden Beobachtungen gemacht.

Akustik (v. d. griech. ἀκούειν, hören) ist diejenige physikalische Wissenschaft,

*) Kastner's Archiv. Bd. VII. S. 206.

welche sowohl die Gesetze, nach denen das Hören geschieht, als auch diejenigen enthält, nach welchen irgend ein Ton, Schall, Klang hervorgebracht wird und nach denen die Töne selbst zu einem angenehm oder unangenehm das Ohr treffenden Ganzen verbunden werden. Literatur: Akustik von E. F. Chladni. Leipz. 1802. — Beiträge zur Akustik von Chladni. Leipz. 1817. — Traité d'Acoustique par E. F. Chladni. Paris 1809. (Von Chladni selbst verbesserte Ausg.) — Kurze Uebersicht der Schall- und Klanglehre nebst einem Anhange, die Entwicklung und Anordnung der Tonverhältnisse betreffend, v. E. F. Chladni. Mainz 1827. — Weber's Wellenlehre. Zweiter递haupttheil. — Akustik, bearbeitet v. H. F. Bindseil. Potsdam 1839. Vergl. d. Art. Ton.

Alaun nennt man ein Doppelsalz, bestehend aus 1 At. schwefelsaurem Kali, 1 At. schwefelsaurer Thonerde und 24 At. Wasser; statt des Kali kann auch Ammoniak (Ammoniakalaun) oder Natron (Natronalaun) und statt der Thonerde Eisenoxyd (Eisenalaun) oder Chromoxyd (Chromalaun) zugegen sein, ohne daß die Krystallform und die Grundformel der Verbindung dadurch verändert wird (s. d. Art. Isomorphie). Der Alaun krystallisirt gewöhnlich in regulären und oft sehr vollständigen Oktaëdern, und nur eine Sorte des sogenannten römischen Alauns (so heißen alle Sorten, die aus Italien in den Handel kommen) kommt in Würfeln krystallisirt vor. Der Alaun kann mit Vortheil aus allen Erdarten und Steinen dargestellt werden, welche nebst Thonerde eine nicht unbedeutende Menge von Schwefelsäure und Alkali enthalten, die mittelst Wasser sich ausziehen lassen; zu der erhaltenen Lauge muß man, je nach ihrem Gehalte, oftmals Schwefelsäure oder alkalische Substanzen zusetzen, um eine hinreichende Menge Alaun bei dem Eindampfen und der Krystallisation zu erhalten. Gewöhnlich enthalten die Alaunerze (Alaunerde, Alaunschiefer, Alaunstein), die in allen Gebirgsformationen sehr verschiedenen Alters vorkommen, Schwefelkies und müssen deswegen vor dem Auslaugen erst einem Oxydations- oder Röstproceß unterworfen werden, welches auf die Art geschieht, daß man die Erze an der Luft entweder langsam von selbst sich oxydiren läßt, wobei sie oft so viel Wärme entwickeln, daß sie vermöge ihres zuweilen bedeutenden Bitumengehaltes sich entzünden, oder daß man die Oxydation durch künstliche Wärme und durch Vermengung mit dem erforderlichen Brennmaterial unterstützt, welches man nach dem Anzünden langsam auf die Erze einwirken läßt. Meist richtet man bei der Fabrikation des Alauns zuerst sein Augenmerk auf die Darstellung einer Lösung von schwefelsaurer Thonerde; aus dieser erhält man durch Zusatz von alkalihaltigen Substanzen und Eindampfen das Alaunmehl, welches durch mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigt wird und als Alaun in den Handel kommt. Von den verschiedenen Sorten des Alauns ist der römische (namentlich der, welcher zu Tolfa im Kirchenstaat aus dem Alaunstein gewonnen wird) der beste; er enthält kein oder nur sehr wenig Eisenoxydul und Eisenoxyd, welches für die Anwendung desselben als Beizmittel in der Schönfärberei von Wichtigkeit ist. Aus dem gewönlichen Alaun läßt sich ebenfalls der Eisengehalt meistens durch Umkrystallisiren völlig entfernen. E. W.

Albit, s. Feldspath.

Alcaraza ist ein thönernes schwammiges Gefäß, welches die Spanier von den Mauren erhalten haben; dasselbe besteht aus einer am Feuer gehärteten Thonart, durch welche ein Theil des im Gefäß enthaltenen Wassers ausschwitzt und durch sein Verdunsten an einem luftigen Orte (wo durch stetes Hinweggeführtwerden der

durchgedrungenen Theile die Verdunstung befördert wird) das Wasser im Gefäß kühl erhält. Die Form des Gefäßes ist ungleich bauchig mit einem engen, oben sich wieder erweiternden Halse. Es ist etwa einen Fuß hoch und seine größte Ausdehnung in der Mitte 0,5 Fuß. Die gewöhnliche Art ist von gelbbrauner, eine theurere aber, welche dem Wasser einen angenehmen Geschmack geben soll, von rother Farbe.

Alhidade oder Absehenlineal nennt man ein Lineal, welches bei Winkelmessern um den Mittelpunkt des eingetheilten Kreises herumbewegt werden kann und mit welchem, um die Richtung nach einem bestimmten Punkte zu erhalten, entweder ein Fernrohr oder zwei Absehen, Dioptern, so verbunden sind, daß eine durch beide Dioptern und durch den Gegenstand gehende gerade Linie oder die optische Axe des Fernrohrs den Mittelpunkt der Kreistheilung trifft. Dioptern sind zwei auf der Ebene des Lineals senkrecht aufgerichtete Platten von Messing; in der einen befindet sich eine Oeffnung, in welcher ein Haar oder ein Faden senkrecht gespannt ist (Objectiv-Diopter), in der andern sind Löcherchen zum Durchsehen (Ocular-Diopter); durch letztere sieht man nach dem Punkte, nach welchem das Lineal gerichtet werden soll, und stellt das Lineal so, daß der Punkt von dem Haare im Objectiv-Diopter bedeckt erscheint.

Alkali (von dem arabischen Artikel al und kali, welches Salz aus der Asche gewisser Pflanzen bedeutet), Laugensalz, ist, im weitesten Sinne genommen, jede in Wasser und Weingeist lösliche Basis. Die Alkalien stellen die durch Säuren gerötheten blauen Pflanzenfarben wieder her, färben mehrere derselben, wie die Rosen- und Veilchentinctur, grün und verwandeln die gelbe Farbe von Curcuma und Rhabarber in Braun, die braunrothe Farbe des Fernambuks in Violett, die braungelbe Abkochung des Campecheholzes in Roth. Die verdünnten Auflösungen besitzen einen laugenartigen Geschmack; concentrirt und im trocknen Zustande wirken sie brennend und ätzend, weswegen man sie auch ätzende oder kaustische (griech. *καυστικός* von *καίειν*, brennen) Alkalien nennt, im Gegensatze gegen die milden Alkalien, mit welchem Namen ihre Verbindungen mit Kohlensäure bezeichnet werden. Insofern man alle in Wasser lösliche Basen in die Classe der Alkalien zusammenfaßt, kann man sie in drei verschiedene Abtheilungen bringen: 1) Eigentliche Alkalien, die vorzüglich scharf und ätzend sind und mit Kohlensäure in Wasser sehr lösliche Salze bilden. Hierher gehören Kali, Natron, Lithion und Ammoniak. Das Kali nannte man früher vegetabilisches, das Natron mineralisches Alkali, weil das erstere hauptsächlich aus der Asche der Pflanzen, das letztere aus dem Kochsalz oder Chlornatrium dargestellt wurde; beide nennt man auch fixe Alkalien, im Gegensatze zu dem Ammoniak oder dem flüchtigen Alkali. 2) Alkalische Erden, oder Baryt-, Strontian-, Kalk- und Talkerde, besitzen die Eigenschaften der Alkalien in minder hohem Grade und bilden mit der Kohlensäure Verbindungen, die in reinem Wasser fast ganz unlöslich und geschmacklos sind. 3) Organische Alkalien oder Alkaloide, die von den vorhergehenden sehr verschiedene Eigenschaften zeigen und für sich in dem Artikel Basen, organische, abgehandelt sind. E. W.

Alkalimeter ist ein Apparat, mit dessen Hülfe man den Gehalt einer käuflichen Pottasche oder Soda an kohlensaurem Kali oder Natron bestimmen und auf diese Weise den Werth derselben erfahren kann, da die gewöhnlich vorkommenden Verunreinigungen, wie schwefelsaures Kali und Natron, Chlorkalium, Chlor-

natrium, kieselsaures und phosphorsaures Kali und Kalkerde, auch Kieselerde, Eisenoxyd ꝛc. für die Anwendung jener Handelsartikel unwesentlich sind, und je nachdem eine größere oder geringere Menge derselben zugegen ist, hiernach auch der Werth höher oder niedriger ausfallen muß. Descroizilles hat zuerst das Verfahren angegeben, nach welchem man 104 Theile concentrirte Schwefelsäure abwägt, welche genau 100 Th. reines wasserfreies Kali sättigen, sie mit so viel Wasser verdünnt, daß die Flüssigkeit einen in 100 Grade eingetheilten Glascylinder anfüllt, und von dieser Probeflüssigkeit so lange zu einer Auflösung von genau 100 Th. trockner Pottasche hinzusetzt, als noch ein Aufbrausen von entweichender Kohlensäure bei neuem Zusatze von Säure erfolgt. Aus der Zahl der verbrauchten Raumtheile der in dem Glascylinder enthaltenen Probesäure ersieht man, wie viel kohlensaures Alkali in der Pottasche enthalten war. Zur Prüfung der Soda verfährt man ebenso, nur daß man anstatt 104 Theile 157 Th. der concentrirten Schwefelsäure mit einer hinlänglichen Quantität Wasser vermischen muß. In der künstlichen Soda findet sich gewöhnlich etwas schwefligsaures Natron und Schwefelnatrium; diese Verbindungen muß man vor der Prüfung des Gemenges durch Glühen der Probe mit ein wenig chlorsaurem Kali in schwefelsaures Natron verwandeln, weil sonst das Resultat nicht richtig ausfallen und man den Werth der Soda zu hoch anschlagen würde. Auch kann man mit Will und Fresenius in der Weise verfahren, daß man die Menge der Kohlensäure aus dem Gewichtsverluste bestimmt, welchen ein Gemenge der Probe mit Schwefelsäure nach dem vollständigen Austreiben der Kohlensäure erlitten hat. E. W.

Alkohol, s. Weingeist.

Alkoholometer, s. Aräometer.

Almagest, s. Astronomie.

Almucantharat oder Höhenkreis ist an der Himmelskugel ein jeder Kreis, der parallel mit dem Horizonte läuft und dessen Pole folglich Zenith und Nadir sind. Die Mittelpunkte aller Almucantharate, welche vom Horizonte an bis zum Zenith allmälig kleiner werden, mithin im Zenith selbst in einen Punkt übergehen, liegen in der Lothlinie, d. h. in der Axe des Horizents oder der Linie, welche vom Zenith durch den Mittelpunkt der Erde zum Nadir geht. Gestirne, welche auf demselben Almucantharat stehen, haben gleiche Höhe und gleichen Scheitelabstand. J.

Alphonsinische Tafeln, s. Astronomie.

Aluminium oder Alumium ist ein chemisch reiner Stoff, ein Element, welches, nachdem Davy, nach Analogie der von ihm dargestellten Metalle der Alkalien und alkalischen Erden, die Existenz desselben als Bestandtheil der Thonerde wahrscheinlich gemacht hatte, aus dem nach Oersted's Angabe bereiteten Aluminiumchlorid zuerst von Wöhler abgeschieden wurde. In der Natur kommt es nur in Verbindung mit Sauerstoff als Thonerde oder Alaunerde vor, welche, namentlich mit Kieselerde verbunden, ein wesentlicher Bestandtheil sehr vieler Mineralien ist, im Pflanzenreiche dagegen nur in sehr geringer Menge, im Thierreiche noch weniger als wesentlich auftritt. Das Aluminium gewinnt man aus dem Chloralumium, indem man dieses mit Kaliummetall zusammenmengt und die Mischung gelind erhitzt, wodurch die Reduction der Thonerde unter Explosion bewirkt wird. Das Aluminium bildet, nachdem man es durch Auswaschen mit

Wasser von dem gebildeten Chorkalium getrennt hat, ein schwarzgraues Pulver, zuweilen zinnweiße, metallglänzende Flitter, welche namentlich durch die Bearbeitung des Pulvers mit dem Polirstahle im Achatmörser entstehen. In gelinder Weißglühhitze oder bei dem Schmelzpunkte des Gußeisens schmilzt das Pulver noch nicht; bei gewöhnlicher Temperatur ist es luftbeständig und verändert sich auch in Berührung mit Wasser nicht; wird dieses aber bis zum Kochen erhitzt, so oxydirt das Aluminium zu Thonerde, welches ebenfalls durch Glühen des Metalls an der Luft geschieht. Verdünnte Säuren und kaustische Alkalien lösen es unter Wasserstoffentwicklung auf. — Die einzige Sauerstoffverbindung des Aluminiums ist die Thonerde, die in der Natur im fast reinen Zustande als Sapphir, Rubin, Corund und Demantspath (Smirgel) sich vorfindet, Mineralien, die ein specifisches Gewicht von 3,5 bis 4,0 haben und an Härte nur dem Diamante nachstehen. Die aus ihren Verbindungen durch chemische Mittel abgeschiedene Thonerde bildet nach gelindem Glühen ein weißes, lockeres und zart anzufühlendes Pulver, welches bei heftigem Glühen in eine harte, spröde, zusammengebackene (bei Anwendung einer sehr hohen Temperatur zusammengeschmolzene) Masse sich verwandelt, die am Stahle Funken giebt und nach Royer und Dumas im luftleeren Raume ein specifisches Gewicht von 4,152 bei 4° zeigt. Das einfache Thonerdehydrat findet sich in der Natur als Diaspor, die dreifach gewässerte Thonerde als Gibbsit; die letztere Verbindung erhält man auch aus der chlorwasserstoffsauren oder salpetersauren Auflösung der Thonerde durch Uebersättigung mit Ammoniak, Auswaschen und Trocknen des Niederschlages oder in Form krystallinischer Körner oder einer zusammenhängenden Rinde durch Sättigung einer kaustischen Kalilösung mit dem Thonerdehydrat und Hinstellen an der Luft oder in verschlossenen Flaschen. — Das Aluminium geht, außer mit dem Chlor, auch mit Schwefel, Brom, Jod und Fluor Verbindungen ein. In den neutralen Sauerstoffsalzen der Thonerde kommen auf 1 Atom der Basis in der Regel 3 Atome Säure; die Salze sind, wenn nicht die Säure gefärbt ist, farblos, gewöhnlich löslich in Wasser und krystallisirbar. Die phosphorsaure Thonerde scheint in Verbindung mit Wasser in der Natur mit zweierlei Zusammensetzung vorzukommen, nämlich als Kalait oder Türkis (nach John's Analyse = $2\ Al^2O^3,\ PO^5 + 5\ aq$) und als Wavellit (nach Berzelius = $3\ [4\ Al^2O^3,\ 3\ PO^5 + 18\ aq] + Al^2Fl^3$). Auch eine basische schwefelsaure Verbindung mit Wasser findet sich in der Natur als Aluminit vor. Die Thonerde bildet eine Anzahl von Doppelsalzen, von denen der Alaun (s. d. Art.) eins der wichtigsten ist. In den Kieselmineralien ist, wie schon erwähnt, die Thonerde einer der am häufigsten und in größter Menge vorkommenden Bestandtheile und namentlich ist die kieselsaure Thonerde oder der sogenannte Thon ein wichtiges Material für die Verfertigung von Porzellan, Steingut, Ziegelsteinen und anderen für das praktische Leben unentbehrlich gewordenen Gegenständen. (Vergl. Berg.) Wir haben endlich noch zu erwähnen, daß die Thonerde sich gegen viele Basen als Säure verhält und daß sie mit denselben Verbindungen eingeht, in welchen sich der Sauerstoff der stärkeren Basis zu dem der Thonerde wie 1 : 3 verhält. Dergleichen sind z. B. die in der Natur vorkommenden Edelsteine, der Spinell (Thonerde-Talkerde = $MgO,\ Al^2O^3$), der Gahnit (Verbindung mit Zinkoxyd), der Chrysoberyll (Thonerde-Beryllerde) und andere künstlich darstellbare Verbindungen der Thonerde mit Kalk-, Strontian-, Baryterde, ferner mit Kali, Natron und Lithion.

Die Auffindung der Thonerde, sowie deren Abscheidung und quantitative Bestimmung aus ihren Verbindungen ist fast nie mit Schwierigkeiten verbunden. Im Allgemeinen findet man die hierbei einzuschlagenden Wege schon in dem Artikel Analyse näher ausgeführt; und wir können uns hier darauf beschränken, einige Methoden anzuführen, welche bei der quantitativen Abscheidung der Thonerde in Anwendung kommen, wo diese mit Substanzen gemengt oder verbunden ist, die vermöge ihres chemischen Verhaltens den Gang der Analyse etwas complicirter machen, als dies gewöhnlich bei dem angeführten Stoffe der Fall zu sein pflegt. Enthält die Thonerdelösung Schwefelsäure, so muß der mittelst Ammoniak erhaltene Niederschlag nach dem Auswaschen abermals in Chlorwasserstoffsäure gelöst und mit Ammoniak gefällt werden, weil jener Niederschlag auch nach dem heftigsten Glühen stets noch eine größere oder geringere Quantität der Schwefelsäure zurückhalten würde. Hat man die Thonerde von der Phosphorsäure zu trennen, so fügt man, nach der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure oder Salpetersäure, Weinsäure hinzu und dann Ammoniak, bis der anfangs entstehende Niederschlag wieder vollständig sich aufgelöst hat; durch Zusatz von schwefelsaurer Magnesia kann man sodann die Phosphorsäure vollständig ausfällen; der Niederschlag wird um so reiner und das Resultat also genauer, wenn man ihn nach dem Auswaschen nochmals in Chlorwasserstoffsäure auflöst und mit Ammoniak wieder niederschlägt (Fresenius). Nach Berzelius kann man auch auf die Weise verfahren, daß man die fein gepulverte Verbindung mit $1^1/_2$ Theilen reiner, am besten künstlich dargestellter Kieselsäure und 6 Th. kohlensauren Natrons mengt und eine halbe Stunde lang in einem Platintiegel der Rothglühhitze aussetzt. Die geglühte Masse wird dann mit Wasser behandelt, zweifach kohlensaures Ammoniak zugesetzt, eine Zeitlang digerirt und das Ungelöste (kieselsaures Thonerde-Natron) abfiltrirt. In der Auflösung ist die ganze Menge der Phosphorsäure enthalten und läßt sich jetzt aus derselben mit Leichtigkeit abscheiden, ebenso wie die Thonerde aus der auf dem Filtrum zurückgebliebenen Verbindung. — Hat man die Trennung der Thonerde von Chromoxyd zu bewerkstelligen, so thut man am besten, die Verbindung mit Salpeter und kohlensaurem Natron zusammenzuschmelzen; die Thonerde bleibt dann nach dem Behandeln der geschmolzenen Masse mit Wasser, ungelöst auf dem Filtrum zurück, während die ganze Menge des Chromoxyd in Chromsäure verwandelt und mit dem Alkali verbunden, von dem Wasser aufgenommen wird. Die Thonerde muß nochmals in Chlorwasserstoffsäure gelöst und mittelst Ammoniak gefällt werden. E. W.

Amalgam (Quickbrei) heißt jede Verbindung (oder Verquickung) des Quecksilbers mit einem andern Metalle. Diese Legirungen sind entweder nach bestimmten Proportionen zusammengesetzt, oder sie sind Auflösungen solcher Verbindungen in einem Ueberschuß von Quecksilber; zu den erstern gehört das krystallisirt in der Natur vorkommende und auch künstlich darstellbare Silberamalgam (Dianenbaum) = $Ag\,Hg^2$; auch ein Goldamalgam (1 Th. Gold und 6 Th. Quecksilber) und ein Bleiamalgam (1 Th. Blei auf $1^1/_2$ Th. Quecksilber) kann man krystallisirt erhalten, ebenso die Amalgame des Kalium, Natrium, Cadmium, Wismuth, Selen, Zink und Zinn. Andere Amalgame sind weich, butterartig und zähe, wie das Platinamalgam, oder flüssig, namentlich wenn Quecksilber im Ueberfluß vorhanden ist. Von Eisen, Kobalt und Nickel läßt sich nur mit Hülfe eines dritten Metalls ein Amalgam erhalten und ebenso können Man-

gan, Rhodium, Kupfer und Platin (das letztere im geschmiedeten Zustande) nicht direct mit Quecksilber verbunden werden. Von besonderer Wichtigkeit ist das Zinnamalgam, welches man zur Belegung von Spiegeln gebraucht; eine Verbindung von 3 Th. Quecksilber und 1 Th. Zinn erhält man in kubischen Krystallen. Die Belegung der Spiegel geschieht auf die Weise, daß man dünn ausgewalztes Zinn auf eine ebene und vollkommen horizontal gestellte Steinplatte ausbreitet, Quecksilber darauf gießt und dann die völlig reine Glastafel so auf das Quecksilber schiebt, daß sie das letztere an der Oberfläche allenthalben berührt, aber nicht mit dem darunter liegenden Stanniol in Berührung kommt. Die Glastafel wird nun mit Gewichten beschwert und das Ganze etwa 24 Stunden lang sich selbst überlassen; wird die Steinplatte hierauf um einige Grad geneigt, so fließt das überschüssige Quecksilber allmälig ab und das Amalgam wird im Verlauf von einigen Wochen vollkommen hart und fest, in welchem Zustande es dann am Glase haften bleibt. — Um Glaskugeln inwendig mit einer Spiegelfolie zu belegen, bedient man sich einer flüssigen Mischung von 1 Th. Zinn, 1 Th. Blei, 2 Th. Wismuth und 10 Th. Quecksilber, welche die Eigenschaft hat, daß sie allmälig erhärtet. —

Das Amalgam, welches man auf die Reibzeuge der Elektrisirmaschinen aufzutragen pflegt, ist seinem Hauptbestandtheile nach ebenfalls ein Zinnamalgam; man bediente sich anfangs der reinen Spiegelfolie, jetzt jedoch fast allgemein einer Mischung, welche Kienmayer als besonders vortheilhaft zuerst vorgeschlagen hat und die daher unter dem Namen des Kienmayer'schen Amalgams bekannt ist. Es besteht aus 2 Theilen Quecksilber, 1 Th. Zink und 1 Th. englischem Zinn und wird auf folgende Weise bereitet*). Man nimmt gewalztes Zink, schmilzt dasselbe in einem irdenen Tiegel bei gemäßigtem Feuer und wirft in die völlig geschmolzene Masse das Zinn, welches gleichfalls bald schmelzen wird. Indem diese Mischung leichtflüssiger ist, als das Zink allein, so ist es vortheilhaft, das Feuer zu mäßigen, wodurch man die Orydation der Metalle verhindert. Sollte diese aber dennoch stattfinden, so kann man etwas Unschlitt in den Tiegel werfen, welches sich indeß leicht entzündet und etwas (im Wesentlichen unschädlichen) Schmutz zurückläßt. Nachdem man die Masse mit einem eisernen Stabe umgerührt hat, um sich zu überzeugen, daß dieselbe geschmolzen sei, wird das Quecksilber zugesetzt. Dieses kann bei dem Operiren mit größeren Mengen mit Gefahr verbunden sein, indem das schwerere, schnell zu Boden sinkende Quecksilber sich in Dämpfe verwandelt und die geschmolzene Masse aus dem Tiegel schleudert, oder wenn die Erzeugung der Dämpfe so stark ist, daß sie der Gesundheit des Arbeiters nachtheilig wird. Beides läßt sich leicht vermeiden, wenn man durch Mäßigung des Feuers dafür sorgt, daß die geschmolzene Masse nicht heißer wird, als sie sein muß, um im Zustande der Flüssigkeit zu bleiben, und zugleich berücksichtigt, daß das Ganze durch Zusatz von Quecksilber stets leichtflüssiger wird. Es ist daher durchaus unnöthig, die Hitze so zu vermehren, daß eine der beiden gefährlichen Erscheinungen wirklich eintritt. Der Vorsicht wegen bedecke man indeß den Tiegel mit einer gemeinen Ofenschaufel, schütte auf diese zuerst nur etwa eine Unze Quecksilber, ziehe die Schaufel zurück und lasse das Quecksilber in den Tiegel laufen, welchen man durch Verschieben der

*) Gehler's phys. Lex. Neue Ausg. Bd. I. S. 287.

Schaufel sogleich wieder bedeckt, und fahre auf diese Weise in ganz kleinen Zeiträumen und mit zunehmenden Mengen von Quecksilber fort, während das Feuer an Stärke eher abnimmt, als daß man es vermehren dürfte. Bloß bei den ersten Malen des Zuschüttens hört man ein geringes Sprudeln als Folge der gebildeten Quecksilberdämpfe, welche sich aber sogleich mit der größern Menge der Metallmischung verbinden. Beträgt die ganze Masse über 6 bis 8 Pfund, so ist es rathsam, nach dem Zugießen von etwa der Hälfte, oder bei sehr großen Mengen, von etwa 15 bis 18 Pfund, nach dem Zugießen des dritten Theils mit dem eisernen Spatel umzurühren; sonst aber kann man auf die angegebene Weise die ganze Quantität des Quecksilbers ohne Unterbrechung in den angegebenen kleinen Portionen zuschütten, dann schnell dieses Umrühren verrichten, sogleich den Tiegel vom Feuer nehmen und die geschmolzene Masse auf trockne Pflastersteine, etwa der Küche, ausgießen. Wartet man hiermit zu lange, besonders bei einem etwas zu starken Feuergrade, so verdampft eine größere Menge Quecksilber, als dem Mischungsverhältnisse zuträglich ist, wovon man sich durch die zahlreichen Kügelchen überzeugt, welche an der eisernen, zur Bedeckung des Tiegels dienenden Schaufel festzusitzen pflegen. Das erkaltete silberweiße Amalgam ist zerbrechlich und muß gepulvert werden. Zu dem Ende zerstößt man die Stücke in einem eisernen Mörser, und die Masse, welche sich zusammenballt und dadurch das Zerkleinern hindert, zerschneidet man wiederholt mit einem starken Messer. Die fein gepulverte Masse wird mit dem Pistill in einer steinernen Reibschale möglichst fein zerrieben und sodann in Gläsern aufbewahrt. Sondern sich nach einiger Zeit kleine Quecksilberkügelchen von der Masse ab, so wird die Verbindung durch nochmaliges Reiben in einer Reibschale wieder hergestellt. Mayer empfiehlt nach sicheren Erfahrungen ein Amalgam mit einem größeren Antheil von Quecksilber, 3 bis 4 Theile auf 1 Th. Zinn und 1 Th. Zink. — Ein Amalgam aus 2 Gewichtstheilen Zinn, 4 Th. Zink und 7 Th. Quecksilber giebt Singer an. Man erhitzt erst das Quecksilber allein, etwas über 100° C., schüttet es in eine hölzerne Büchse und setzt nun die vorgeschriebenen Mengen der beiden zuvor in Fluß gebrachten Metalle zu. Darauf verschließt man sofort die Büchse und schüttelt sie heftig, um eine recht innige Mischung zu bewirken. Ist das Amalgam abgekühlt, so wird es in einem Mörser zu feinem Staube zerstoßen und dieser Staub mit einer hinreichenden Quantität Schweinefett in die Form eines Teiges gebracht. — Es scheint, als wenn verschiedene Glasarten auch etwas ungleiche Amalgame erforderten; die Wirkung der Amalgame beruht ohne Zweifel auf ihrer Neigung, negativ elektrisch zu werden. — Ueber das Auftragen des Amalgams auf das Reibzeug s. d. Art. Elektrisirmaschine.

E. W.

Amalgamation ist überhaupt der Proceß, mittelst dessen man die Verbindung eines Metalls mit Quecksilber hervorbringt; im Besonderen versteht man unter diesem Ausdrucke gewöhnlich den metallurgischen Proceß, den man anwendet, um Gold und Silber aus deren Erzen zu gewinnen und rein darzustellen. Das Verfahren, dessen man sich bei der Abscheidung des Goldes bedient, ist sehr einfach; da nämlich das Gold nur gediegen oder als Legirung mit mehr oder weniger Silber verbunden vorkommt, entweder im Sande der Flüsse (Goldsand) oder in Quarz, Schwefelkies, Brauneisenstein rc. fein eingesprengt, so braucht man nur gewaschenen Sand oder die fein gepochten und zermahlenen Erze mit Quecksilber gleichsam auszulaugen oder auszuziehen, indem man eine innige Berührung der

goldhaltigen Substanzen mit dem Quecksilber zu Stande bringt. Weit verwickelter wird dieser Proceß, wenn man mit Silbererzen, die gewöhnlich weit zusammengesetzterer Natur sind, zu thun hat. Zum Ausscheiden des Silbers bedient man sich hauptsächlich zweierlei Methoden der Amalgamation, von denen die eine nach ihrem Erfinder (Bartolomeo de Medina in Mexico 1557) und dem Lande ihrer ersten Anwendung die americanische, die andere die europäische Amalgamation genannt wird, welche letztere Alonso Barba zu Potosi durch eine Abänderung der ersteren ersann und 1640 bekannt machte; namentlich in Freiberg wurde dieselbe nach und nach bis zu ihrer jetzigen Stufe der Vollkommenheit gebracht. Beide Methoden wollen wir hier sowohl hinsichtlich ihrer praktischen Ausführung, wie auch mit Rücksicht auf die Theorie der dabei auftretenden Erscheinungen einer möglichst kurzen Betrachtung unterwerfen.

1) Der americanische Amalgamationsproceß findet noch jetzt in America Anwendung und ist namentlich an solchen Orten vortheilhaft, wo Mangel an Brennmaterial weder ein Rösten der Silbererze, noch eine Concentration des Silbers durch Schmelzen gestattet. Die Erze, welche besonders in Rothgülden, Fahlerz, auch wohl Hornerz (Chlorsilber) und gediegenem Silber bestehen, werden gepocht und mit Wasser fein gemahlen und gerieben, die zerriebene breiige Masse dann mit 1 bis 5 Proc. Kochsalz innig gemengt; nach einigen Tagen setzt man auf 1 Centner $^1/_2$—1 Pfund Magistral, nämlich gerösteten Schwefel- und Kupferkies hinzu, welcher 10 Proc. Kupfervitriol enthält. Nachdem der Magistral mit der übrigen Masse gut durchgeknetet worden ist, fügt man das erste Drittheil der nöthigen Menge an Quecksilber hinzu (dessen Menge im Ganzen wenigstens die sechsfache Quantität des in den Erzen befindlichen Silbers betragen muß); nach 10 bis 20 Tagen wird das zweite Drittheil Quecksilber und nach einer ähnlichen Frist der dritte Antheil hinzugesetzt; die Witterung und die Temperatur haben auf die frühere oder spätere Beendigung des Processes Einfluß, so daß derselbe wenigstens 12 Tage und höchstens zwei bis drei Monate dauern kann. Das erhärtete Amalgam wird mit Wasser ausgewaschen und der Destillation unterworfen. Die chemischen Processe, welche bei der angeführten Operation auftreten, sind die folgenden: das Kochsalz und der Eisen- und Kupfervitriol zerlegen sich; es entsteht schwefelsaures Natron, Kupferchlorid und Eisenchlorid; diese Chloride reduciren sich zu Chlorüren, indem sie einen Theil ihres Chlors an das in den Erzen vorhandene metallische Silber abgeben, und die Chlorüre des Kupfers und Eisens zerlegen nun das Schwefelsilber, indem sie den Schwefel desselben aufnehmen und dafür Chlor an das Silber abtreten; das Chorsilber löst sich nun in der Kochsalz haltenden Flüssigkeit auf und wird aus dieser Auflösung durch Quecksilber wieder abgeschieden unter Bildung von Quecksilberchlorür und Silberamalgam. Auch setzt man mit dem Magistral etwas Kalk hinzu, wodurch das überschüssige Kupferchlorid in Chlorür verwandelt wird; dieses zersetzt das Schwefelsilber, giebt aber kein Chlor an das Quecksilber ab. Auf 1 Th. Silber verliert man bei dieser Operation durch Bildung von Quecksilberchlorür 1,3 Th. Quecksilber*).

---

*) Ueber den angeführten Proceß siehe Boussingault in Pogg. Ann. Bd. XXXII. S. 109 ff.

2) Die europäische Amalgamation unterscheidet sich von der americanischen namentlich dadurch, daß man die Silbererze, welche meist von solcher Mischung angewendet werden, daß 6 bis 7 Loth Silber im Centner enthalten sind, und eine gewisse Quantität Eisenkies beigemengt enthalten müssen, mit circa 10 Proc. Kochsalz mischt und das Ganze röstet; hierdurch bildet sich schwefelsaures Eisenoxydul, welches mit dem Kochsalz zu schwefelsaurem Natron, Eisenchlorid und entweichender schwefeliger Säure sich zersetzt; das in den Erzen enthaltene Antimon und Arsenik oxydirt sich auf Kosten der Schwefelsäure, wird in der Hitze verflüchtigt und durch passende Vorrichtungen im oxydirten Zustande wieder aufgefangen. Bei dem Rösten bilden sich die höheren Oxydations- und Chlorstufen, und geschieht dasselbe in einem Flammenofen, so zersetzt sich das in der Flamme enthaltene Wasser und es bildet sich neben den Metalloxyden noch Chlorwasserstoffsäure, welche entweicht. Das gebildete Eisenchlorid giebt einen Theil seines Chlors an das Silber und wird zu Eisenoxyd. Die geröstete Masse wird gemahlen und enthält hauptsächlich Eisenoxyd und andere Oxyde und dann 12 bis 15 Proc. Verbindungen, die sich nach Zusatz von Wasser auflösen, nämlich: schwefelsaures Natron, Chlornatrium, Chlormangan, Eisenchlorid, Eisenchlorür, Kupferchlorür, Chlorblei und andere Chlorverbindungen und endlich Chlorsilber, die alle in der Kochsalzlösung aufgenommen werden. Die gerösteten und zermahlenen Erze werden nun mit Wasser in die Amalgamirtonnen gebracht, Stücke metallischen Eisens zugesetzt und die Tonne um ihre Axe gedreht; durch das Eisen wird das vorhandene Eisenchlorid zu Chlorür reducirt und das Silber metallisch ausgeschieden; setzt man nun nach einiger Zeit Quecksilber hinzu, so verbindet sich dieses sogleich mit dem ausgeschiedenen Silber zu Amalgam. Nachdem die Tonnen 16 bis 18 Stunden lang gedreht worden sind, wird das Amalgam abgelassen, ausgepreßt und von dem Amalgam das Quecksilber abdestillirt; das Silber wird sodann im Kohlentiegel zusammengeschmolzen und von seinem Kupfergehalt durch Saigerung oder Abtreiben und Affiniren befreit.

3) Eine dritte Methode wurde namentlich im Mansfeldischen angewendet (jetzt durch die neue Methode Augustin's verdrängt, welche die Anwendung des Quecksilbers überflüssig gemacht hat), bei der Entsilberung des Kupfersteins durch Quecksilber. Der Kupferstein, ein Gemenge von den Schwefelverbindungen des Kupfers, Eisens, Silbers und anderer Metalle, wird fein gemahlen und in Flammenöfen vollständig geröstet, wodurch der Schwefel zum Theil als schwefelige Säure verflüchtigt wird, zum Theil als Schwefelsäure mit den Oxyden des Kupfers und Eisens in Verbindung bleibt; das schwefelsaure Silberoxyd wird durch das entstandene Kupferoxydul zersetzt und das Silber metallisch ausgeschieden; es läßt sich fast $^3/_4$ des Silbergehaltes im Steine durch Schlämmen mit Wasser aus der gerösteten Masse abscheiden. Setzt man nun zu der gerösteten, mit Wasser angerührten Masse $^1/_9$ Kalksteinpulver und ebenso viel Kochsalz, so bildet sich unter Entweichung von Kohlensäure schwefelsaurer Kalk, und was von dem schwefelsauren Kupferoxyd noch unzersetzt bleibt, zerlegt sich mit dem Kochsalz in Kupferchlorid und schwefelsaures Natron. Das Gemenge wird nun getrocknet, fein gemahlen und abermals geröstet, bis kein Geruch nach entweichender Chlorwasserstoffsäure mehr bemerklich ist; das Silber wird hierdurch vollständig in Chlorsilber verwandelt, während zugleich auch die fremdartigen metallischen Beimengungen in Chlormetalle verwandelt werden, indem nämlich das Kupferchlorid an dieselben einen Theil seines Chlors abgiebt. Die geröstete und fein gemahlene

Masse wird dann mit Wasser, Eisenstücken und Quecksilber in die Amalgamirtonnen gethan und ferner, wie unter 2. beschrieben wurde, behandelt. E. W.

Ammoniak*) (Ammoniacum, flüchtiges Alkali, flüchtiges Laugensalz, Ammoniakgas, alkalische Luft, urinose Luft, nach Kane Amidwasserstoff) kommt in Verbindung mit Kohlensäure in der Luft vor (Marcet, Pfaff), ferner zuweilen in See- und Flußwasser und in einigen Mineralwässern; desgleichen findet man es in geringer Menge von Eisenerzen, namentlich von Eisenoxydhydrat, auch von Thon und vielen andern Gesteinen absorbirt und im Steinsalz als Salmiak; nicht weniger bildet es einen gewöhnlichen Bestandtheil der Dammerde, ferner vieler Pflanzensäfte und der meisten thierischen Flüssigkeiten, besonders des Harns. Was die natürliche Bildung des Ammoniaks aus seinen Bestandtheilen auf unorganischem Wege betrifft, so herrscht hierüber noch mancherlei Zweifel und Verschiedenheit der Ansichten und Erfahrungen. Nach Saussure entsteht beim Verbrennen von Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff salpetersaures Ammoniak und Davy fand, daß lufthaltiges Wasser bei Behandlung mit der Volta'schen Säule am positiven Pole Salpetersäure, am negativen Ammoniak gebe. Auf directem Wege erhält man aus Wasserstoff und Stickstoff keine chemische Verbindung, weder durch Glühen dieser Gasarten noch durch einen Druck, der bis 50 Atmosphären steigen kann. Kommt Wasserstoff im Augenblicke seiner Entwickelung mit Stickstoff, oder umgekehrt Stickstoff bei seiner Entwickelung mit Wasserstoff in Berührung, so bildet sich nach Chevalier, Kuhlmann, Reiset, Faraday, Mulder u. A. in vielen Fällen Ammoniak, z. B. wenn feuchte Eisenfeile bei gewöhnlicher Temperatur mit Stickgas oder atmosphärischer Luft in Berührung ist; ferner soll das aus Eisenvitriol gefällte Eisenoxydhydrat kleine Mengen von Ammoniak erzeugen (Sarzeau); ebenso erhält man dasselbe nach Faraday, Reiset u. A., wenn man die Hydrate der Alkalien oder alkalischen Erden mit Kalium, Arsen, Zink, Blei, Zinn oder Eisen zusammen erhitzt. Dasselbe soll nach Faraday, Reiset und besonders Mulder auch der Fall sein, wenn man diese Hydrate mit verschiedenen organischen stickstofffreien Substanzen, wie Zucker, Leinwand, kleesauren Salzen 2c., bei Zutritt der Luft erhitzt und faulen läßt. Die Ammoniakbildung unter den angeführten und ähnlichen Umständen wird von Andern geläugnet und das Auftreten desselben entweder einer Ungenauigkeit der Beobachtung oder dem Umstande zugeschrieben, daß es schon im Voraus vorhanden war, sei es als Verunreinigung der angewandten Materialien, sei es als Bestandtheil der Luft, welche mit den Substanzen in Berührung war; die atmosphärische Luft sieht Liebig namentlich als die Hauptquelle des Ammoniaks an und er bestreitet ferner ebenfalls die von Mulder, Boussingault und vielen Andern behauptete Ammoniakbildung in der Ackererde. Die Beobachtungen und Behauptungen Liebig's werden durch die von Will angestellten und mitgetheilten Versuche bestätigt, der auch namentlich die von Faraday ausgeführten Versuche wiederholte und bei Anwendung einer völlig ammoniakfreien Luft keine Bildung von Ammoniak bemerken konnte. Die Hauptbildungsquelle des Ammoniaks sind bekanntlich die faulenden

*) Der Name rührt von der sandreichen (griech. ἄμμος, Sand) Provinz Ammonien in Africa her.

stickstoffhaltigen organischen Substanzen, welche bei ihrer Verwesung stets eine ihrem Stickstoffgehalte entsprechende Menge Ammoniak liefern. Dennoch giebt es noch andere Fälle, wo unläugbar durch verschiedene chemische Processe Ammoniak erzeugt wird, und dies zeigt sich besonders, wo stickstoffhaltige Substanzen mit Wasserstoff bei erhöhter Temperatur in Berührung kommen. Kuhlmann fand z. B., daß, wenn stickstoffhaltige Gase, wie Cyangas, Stickstoffoxyd ɔc. mit Wasserstoffgas über glühenden Platinschwamm geleitet werden, Ammoniak entsteht; dasselbe ist nach Reiset der Fall, wenn man statt des Platinschwamms Eisenoxyd anwendet; ferner zerfällt Blausäure (entstanden dadurch, daß man Wasserdampf über glühende stickstoffhaltige Holzkohle leitete) durch Behandlung mit Alkalien in Ammoniak und Ameisensäure, wie denn überhaupt alle stickstoffhaltigen Körper, in höherer Temperatur mit dem Hydrat eines Alkali's behandelt, die Bildung von Ammoniak veranlassen *).

Man erhält das Ammoniak im reinen Zustande in der Regel auf die Weise, daß man Salmiak mit dem doppelten Gewichte von kaustischem Kalke mengt und zusammen allmälig erhitzt. Das reine Ammoniakgas, über Quecksilber aufgefangen, ist farblos, hat einen stechenden und reizenden Geruch und laugenartigen Geschmack; das specifische Gewicht wird nach directen Wägungen von Davy zu 0,590, von Thomson zu 0,5931 und von Biot und Arago zu 0,59669 angegeben; aus der Zusammensetzung und dem Volumen des Gases berechnet ergiebt es sich zu 0,5912. Das Gas ist nicht fähig, den Verbrennungs- und Athmungsproceß zu unterhalten; es brennt mit blassem, gelblichem Lichte unter Bildung von Wasser und freiem Stickstoff; es färbt Curcuma roth, den Veilchensaft grün und den durch Säuren gerötheten Lackmus wiederum blau; durch Verdampfen an der Luft verschwinden diese Farbenveränderungen wieder. Das Ammoniakgas läßt sich durch Temperaturerniedrigung bis auf — 40° (Bunsen) **) oder durch einen Druck (nach Niemann) von 6 bis 7 Atmosphären bei 10 bis 12° C. in einem flüssigen Zustande darstellen. Auch kann man flüssiges Ammoniak erhalten, wenn man mit Ammoniakgas gesättigtes Chlorsilber in eine gebogene Glasröhre bringt, diese an beiden Enden zuschmilzt und das Chlorsilber, um das Ammoniak auszutreiben, bis auf 112 bis 120° erhitzt, während man den andern Schenkel mit Eis umgiebt, wodurch sich das Ammoniak bis zum Flüssigwerden in ihm verdichtet; das Ammoniak hat im flüssigen Zustande nach Faraday ein specifisches Gewicht von 0,76 und siedet unter einem Luftdrucke von 0,7493 bei — 33,7° (Bunsen). 1 Atom Ammoniak besteht aus 6 At. Wasserstoff und 2 At. Stickstoff = $N^2 H^6$ und 1 Volumen Ammoniak aus $1^1/_2$ Vol. Wasserstoff und $^1/_2$ Vol. Stickstoff. Das trockene Ammoniakgas wird durch den elektrischen Funken in seine Bestandtheile zerlegt und dasselbe ist der Fall, wenn man es durch eine glühende Porzellanröhre leitet; mit Sauerstoff und mit verschiedenen sauerstoffhaltigen Gasen, z. B. mit Stickoxydgas, Stickoxydulgas, unterchlorigsaurem Gas ɔc. gemengt, läßt es sich durch den elektrischen Funken verpuffen, unter Bildung von

*) Eine vollständige Uebersicht der Fälle, in welchen angegeben wird, daß Ammoniak sich erzeuge, findet man mit Angabe der Quellennachweisungen in Gmelin's Handb. d. Chem. 4. Aufl. Bd. I. S. 826—830.

**) Poggend. Ann. Bd. XLVI. S. 102.

Wasser und je nach den Umständen verschiedener anderer Producte; in Chlorgas verbrennt es mit rother und weißer Flamme zu Stickstoff und chlorwasserstoffsaurem Ammoniak; zu Jod und Brom verhält es sich ähnlich.

Wässeriges Ammoniak (liquides Ammoniak, Salmiakgeist, ätzender Salmiakgeist, Liquor ammoniaci caustici, spiritus salis ammoniaci causticus). Nach Davy nimmt 1 Vol. Wasser bei + 10° C. und 29,8 Zoll Barometerstand 670 Vol. Ammoniakgas auf oder dem Gewichte nach fast die Hälfte seines eigenen Gewichtes; bei 45° nimmt es nur ein Drittel seines Gewichtes, etwa 460 Vol., auf. Die Ammoniakflüssigkeit ist farblos und besitzt den Geruch, Geschmack und die chemischen Eigenschaften des Ammoniakgases. Wenn die Flüssigkeit die ganze Menge des Gases, welche sie absorbiren kann, aufgenommen hat, so gefriert sie erst bei — 38 bis 41° und erstarrt zu einer weißen, aus feinen biegsamen Nadeln bestehenden Masse, indem sie fast ganz geruchlos wird; wird die Ammoniakflüssigkeit schnell auf — 40 bis 49° erkaltet, so erhält man eine graue gallertartige ebenfalls fast geruchlose Masse (Fourcroy und Vauquelin). Das Ammoniak giebt bei seiner Absorption zu einer beträchtlichen Wärmeentwickelung Veranlassung; Eis absorbirt es ebenfalls schnell unter Schmelzung desselben. Die Ammoniakflüssigkeit verliert weit unter 100° den größten Theil ihres Ammoniakgehalts; nach Osann halten 100 Th. Wasser bei 24° C. nur noch 8,41 und bei 55° 5,96 Th. Ammoniak zurück. Das Wasser dehnt sich durch die Absorption von Ammoniak beträchtlich aus, so daß 6 Maß Wasser nach ihrer Sättigung mit Gas bis zu 10 Maß sich ausgedehnt haben (Thomson). Das specifische Gewicht der Ammoniakflüssigkeit variirt je nach dem Gehalte an Ammoniak zwischen 1,000 und 0,850 und eben danach richtet sich auch der Siedepunkt der Flüssigkeit; in der folgenden Tabelle sind diese Verhältnisse nach den Angaben Dalton's *), Davy's **) und Ure's ***) zusammengestellt, wobei zu bemerken ist, daß die mit Sternchen bezeichneten Zahlen in der Davy'schen Tabelle durch directe Versuche, die übrigen durch Rechnung gefunden worden sind. Davy war nämlich der Ansicht, daß durch fortgesetzte Verdünnung der Ammoniakflüssigkeit das mittlere Volumen der Mischung sich nicht ändere, welches jedoch durch die von Ure angestellten Versuche keineswegs bestätigt wurde; denn dieser fand, daß 1 Maß Wasser durch Aufnahme von 505 Vol. Ammoniakgas $1\frac{1}{2}$ M. Flüssigkeit lieferte, welche ein specifisches Gewicht = 0,900 hatte; wurde nun diese mit einem gleichen Gewichte Wasser verdünnt, so erhielt man eine Auflösung, die 0,94550 specif. Gewicht zeigte, während das mittlere specif. Gewicht = 0,94737 ist; setzte man zu dieser verdünnten Flüssigkeit wiederum ein gleiches Gewicht Wasser, so zeigte die Auflösung nun ein specif. Gewicht = 0,97130, während die mittlere Dichtigkeit = 0,97297 ist; es dauert also die Ausdehnung, welche die Ammoniakflüssigkeit bei der ersten Verdünnung mit Wasser erleidet, auch bei dem ferneren Wasserzusatz fort. Es ist bemerkenswerth, daß ein Volumen Wasser, wenn es durch chlorwasserstoffsaures Gas in starke wässerige Chlorwasserstoffsäure von 1,200 specif. Gewicht, oder durch Ammoniakgas in liquides Ammoniak

*) S. dessen N. Syst. Bd. II. S. 230.
**) S. dessen Elem. Bd. I. S. 241.
***) Schweigg. Journ. Bd. XXXII. S. 458.

von 0,900 verwandelt wird, in beiden Fällen sich zu $1^1/_2$ Volumen ausdehnt (Ure a. a. O.).

Nach Dalton			Nach H. Davy		Nach Ure	
Specif. Gewicht	Ammon. Proc.	Siedepunkt	Specif. Gewicht	Ammon. Proc.	Specif. Gewicht	Ammon. Proc.
0,85	35,3	-4^0	0,8750	32,3 *	0,8914	27,940
0,86	32,6	$+3,5$	0,8857	29,25	0,8937	27,633
0,87	29,9	10	0,9000	26	0,8967	27,038
0,88	27,3	17	0,9054	25,37*	0,8983	26,751
0,89	24,7	23	0,9166	22,07	0,9000	26,500
0,90	22,2	30	0,9255	19,54	0,9045	25,175
0,91	19,8	37	0,9326	17,52	0,9090	23,850
0,92	17,4	44	0,9385	15,88	0,9133	22,525
0,93	15,1	50	0,9435	14,53	0,9177	21,200
0,94	12,8	57	0,9476	13,46	0,9227	19,875
0,95	10,5	63	0,9513	12,40	0,9275	18,550
0,96	8,3	70	0,9545	11,56	0,9320	17,225
0,97	6,2	79	0,9573	10,82	0,9363	15,900
0,98	4,1	87	0,9597	10,17	0,9410	14,575
0,99	2	92	0,9616	9,6	0,9455	13,250
			0,9692	9,5*	0,9510	11,925
					0,9564	10,600
					0,9614	9,275
					0,9662	7,950
					0,9716	6,625
					0,9768	5,300
					0,9828	3,975
					0,9887	2,650
					0,9945	1,325

Das Ammoniak verhält sich gegen Säuren ähnlich wie die fixen Alkalien, Kali und Natron; die Ammoniaksalze sind farblos, wenn die Säure nicht gefärbt ist, und meist leichtlöslich in Wasser. Mit Wasserstoffsäuren geht das Ammoniak unmittelbar Verbindungen ein; sie können mit Berzelius als Verbindungen des Ammoniums (s. unten) mit dem Radical der Wasserstoffsäure betrachtet werden, ähnlich wie die Chlormetalle, Brommetalle ꝛc. Die durch Sauerstoffsäuren gebildeten Ammoniaksalze entstehen meistens nur bei Gegenwart von Wasser, indem das Ammoniak mit 1 At. Wasser in Ammoniumoxyd (N^2H^8O) sich verwandeln muß, ehe es den Kalisalzen oder den Salzen anderer Oxyde entsprechende Verbindungen mit den Sauerstoffsäuren eingehen kann. Die Sauerstoffsalze des Ammoniak sind entweder saure, basische oder Doppelsalze mit den Salzen des Natron, der Thonerde, Talkerde, Zinkoxyd, Kupferoxyd, Manganoxydul und vieler anderer Oxyde; mit Kohlensäure bildet das Ammoniak z. B. ein trocknes (N^2H^6, CO^2) und ein wasserhaltendes einfach

kohlensaures Ammoniak ($2 [N^2 H^6, CO^2] + H^2 O$); ferner ein fünfviertel kohlensaures Ammoniak mit 4, mit 5 und mit 12 At. Wasser; ein anderthalb kohlensaures Ammoniak mit 2 At. (käufliches kohlensaures Ammoniak, flüchtiges Hirschhornsalz) und mit 5 At. Wasser, ferner ein siebenviertel und ein zweifach kohlensaures Ammoniak, das letztere mit 2 und mit $2^1/_2$ und mit 3 At. Wasser. Die Boraxsäure bildet ein vierdrittel, ein doppelt und ein vierfach saures Salz, und ähnlich sind die Verbindungen mit Phosphorsäure, schwefliger Säure rc. zusammengesetzt. Die neutralen Salze (außer den kohlensauren) haben ihre ammoniacalischen Eigenschaften vollständig verloren; sie lassen sich, wenn die Säure flüchtig ist, unzersetzt verflüchtigen; bei Gegenwart von feuerbeständigen Säuren, wie die Phosphorsäure und Borsäure, bleiben diese zurück, während das Ammoniak in der Hitze aus seinen Verbindungen ausgetrieben wird; das schwefelsaure, das salpetersaure Ammoniak und die Verbindungen mit organischen Säuren werden bei der Erhitzung wenigstens theilweise zersetzt. Auch läßt sich das trockne Ammoniak mit wasserfreier Schwefelsäure oder schwefliger Säure verbinden *), Verbindungen, die man zur Unterscheidung von den wasserhaltigen Salzen mit denselben Säuren Sulphammon und Sulphitammon genannt hat. Ferner absorbiren viele Oxyde, Sauerstoffsalze, Schwefel-, Fluor-, Chlorverbindungen rc. das Ammoniak in bestimmten Verhältnissen, z. B. das Phosphoroxyd, Schwefelkohlenstoff, Schwefelphosphor, Chlorbor, Chlorphosphor, Chlorschwefel, Fluorbor; ferner das Chrom-, Zink-, Cadmium-, Zinn-, Bleioxyd, das Eisen-, Kobalt-, Nickel-, Kupferoxydul und Oxyd rc., auch verschiedene trockne Salze, wie das salpetersaure Silberoxyd, das schwefelsaure Silberoxyd, Manganoxydul und Silberoxyd, das Chlorcalium, Chlorstrontium u. a. (nicht aber das Chlorbarium und Chlornatrium). Mit Quecksilberchlorid zerlegt es sich auf die Art, daß sich chlorwasserstoffsaures Ammoniak und eine Verbindung von Quecksilberchlorid mit Quecksilberamid bildet ($2 Cl^2 Hg^2 + 2 N^2 H^6 = Cl^2 Hg^2 N^2 H^4 + Cl^2 H^2, N^2 H^6$) **). Eigenthümlich ist endlich das Verhalten des Ammoniaks gegen einige Metalle; schmilzt man nämlich Kalium oder Natrium im Ammoniakgas, so scheiden sich hierbei 2 At. Wasserstoff aus dem letztern ab und es bildet sich ein Kalium- oder Natriumamid ($= Ka, N^2 H^4$ oder $Na, N^2 H^4$) (Gay-Lussac und Thénard). Glüht man ferner Kupfer- oder Eisendraht in Ammoniak, so wird das Metall durch Aufnahme von Stickstoff absolut schwerer, aber specifisch leichter und zugleich brüchig und spröde ***).

Bestimmung des Ammoniaks. Qualitativ läßt sich das Ammoniak im freien Zustande durch seinen Geruch, seine Reactionen gegen Pflanzenfarben und durch den dicken weißen Nebel nachweisen, welchen es bildet, wenn man einen mit rauchender Essigsäure, Salpetersäure und besonders Chlorwasserstoffsäure befeuchteten Glasstab in die Nähe der dasselbe enthaltenden Substanz bringt. Ist das Ammoniak an eine Säure gebunden zugegen, so läßt sich dasselbe leicht durch eine stärkere Basis, namentlich Kali, in den freien Zustand versetzen. In den wässerigen

*) Rose in Pogg. Ann. Bd. XLVII. S. 475. Bd. XLIX. S. 183.
**) Kane in den Ann. der Pharm. Bd. XVIII. S. 150.
***) Despretz in Pogg. Ann. Bd. XVII. S. 296.

oder wenig sauren nicht sehr verdünnten Auflösungen seiner Verbindungen erzeugt Platinchlorid einen gelben Niederschlag von Platinsalmiak. Die quantitative Bestimmung des Ammoniaks ist oftmals mit Schwierigkeiten verbunden; man kann die trockne ammoniakhaltige Verbindung in einer kleinen Retorte mit einem Ueberschuß von Kali- oder Barythydrat erhitzen und das sich entwickelnde Ammoniakgas, nach dem Trocknen über Kalistückchen, über Quecksilber auffangen und dem Volumen nach bestimmen; oder man läßt das Ammoniak von Salzsäure absorbiren und bestimmt nachher durch vorsichtiges Eindampfen die Menge des gebildeten Salmiaks oder nach Zusatz von Platinchlorid die Menge des Platinsalmiaks, auf dieselbe Weise wie bei der Analyse stickstoffhaltiger Substanzen in dem Artikel Analyse angegeben worden ist (Methode von Will und Varrentrapp). Auch kann man in vielen Fällen die Ammoniakverbindungen mit Kupferoxyd zerlegen und aus dem Volumen des freigewordenen Stickstoffs die Menge des Ammoniaks berechnen. Hinsichtlich der letzteren Methode sehe man gleichfalls das Ausführlichere bei der „Analyse organischer stickstoffhaltiger Substanzen." Oft kann man das Ammoniak am genauesten aus dem Verluste bestimmen, wenn nämlich die andern Bestandtheile der zu untersuchenden Verbindung mit Leichtigkeit sich abscheiden und wägen lassen. E. W.

Ammonium ($N^2 H^8$) ist ein hypothetischer Stoff, der für sich nicht darstellbar ist, sondern nur in Verbindung mit Quecksilber als Amalgam erhalten werden kann und in dieser Form den reinen Metallen analog sich verhält und deswegen zu diesen gerechnet wird; er bildet ferner mit den Radicalen der Wasserstoffsäuren und als Ammoniumoxyd ($N^2 H^8 O$) mit den Sauerstoffsäuren die bekannten Ammoniaksalze. Das Ammonium-Amalgam wurde gleichzeitig von Berzelius und Pontin und von Seebeck entdeckt und auf folgende Weise bereitet. Man legt, nach Berzelius' Angabe, ein wenig Quecksilber auf den Boden einer offenen gläsernen Schale und führt einen Draht von Eisen oder Platin vom negativen Pol der Säule in das Quecksilber hinein. Auf das letztere wird nun concentrirte Ammoniakflüssigkeit gegossen, worin ein mit dem positiven Pol verbundener Platindraht so eingesetzt wird, daß er eine Linie vom Quecksilber absteht. Im ersten Augenblicke giebt bloß der positive Draht Gas, aber bald fangen Gasblasen sich auch vom Quecksilber zu entwickeln an; dieses schwillt auf, erhält eine blei- oder platingraue Farbe und wird zu einem 5 bis 6 mal größeren Volumen (nach Gay-Lussac und Thénard), zum 8 bis 10fachen Volumen (nach Davy) und zum 20fachen Volumen (nach Böttger) ausgedehnt. Am schnellsten bereitet man die in Rede stehende Verbindung, wenn man Kalium-, Barium- und besonders Natrium-Amalgam mit einem befeuchteten Ammoniaksalze (besonders Salmiak) oder dessen concentr. Auflösung oder mit concentr. wässerigem Ammoniak in Berührung bringt (H. Davy). Das Ammonium-Amalgam hat bei gewöhnlicher Temperatur Butterconsistenz; wenn es bis unter den Gefrierpunkt abgekühlt wird, krystallisirt es in Würfeln; es ist leichter als Wasser und enthält nach Thénard $\frac{1}{12000}$, nach Gay-Lussac $\frac{1}{1200}$ seines Gewichtes Ammonium. Es zersetzt sich, sobald es aus dem Kreise der elektrischen Säule genommen wird, und zerfällt an der Luft sehr bald in reines Quecksilber und in ein Gemenge von 2 Maß Ammoniakgas und 1 Maß Wasserstoffgas. Diese Zersetzung geht nach Davy noch ebenso schnell bei — 29° von Statten und läßt sich nach Grove nur bei dem durch Kohlensäure stark erkälteten Ammonium-Amalgam verhindern. E. W.

Amorph (von d. griechischen μορφή Gestalt), gestaltlos, nennt man einen Körper, der in einem dem krystallinischen entgegengesetzten Zustande sich befindet. Der amorphe Körper besitzt keine der dem krystallisirten oder krystallinischen ausschließlich zukommenden Eigenschaften, keine doppelte Strahlenbrechung, keinen Blätterdurchgang, sondern meist einen muscheligen oder erdigen Bruch und eine nach allen Richtungen sich gleich bleibende Trennbarkeit. Man kann oft einen und denselben Körper sowohl im amorphen als im krystallinischen Zustande erhalten; er hat in dem ersteren Falle gewöhnlich ein etwas geringeres specifisches Gewicht, eine geringere Härte und Löslichkeit als in dem letzteren Falle. Der amorphe Zustand entsteht entweder durch Schmelzung, Verglasung, indem man die geschmolzene Masse zu rasch fest werden läßt, so daß sie nicht Zeit gewinnt, den krystallinischen Zustand wieder anzunehmen, oder er bildet sich bei dem Eindampfen einer zähen Flüssigkeit, wie von Gummi, Leim, Eiweiß, der alkoholischen Lösungen der Harze &c., oder endlich durch Fällung, indem die Niederschläge, welche voluminös, gallertartig und schleimig auftreten, als amorph zu betrachten sind; oft nehmen diese Niederschläge durch Digeriren mit der Flüssigkeit oder bei längerem Stehen mit derselben wieder eine krystallinische Textur an, wie z. B. die Harnsäure, auch der kohlensaure Kalk u. a., während viele andere auch beim Auswaschen und Trocknen ihren amorphen Zustand beibehalten. Fuchs *) bezeichnet den Uebergang eines Körpers aus dem Zustande der Gestaltlosigkeit in den der Gestaltung oder das „Erwachen der Krystallisationskraft" mit dem Namen der Transformation (Gestaltung), während er die Ueberführung aus dem krystallisirten in den amorphen Zustand die Deformation (die Entstaltung) nennt. Einige Beispiele mögen hier zur Erklärung des so eben Mitgetheilten dienen. Die Kieselerde tritt in beiden Zuständen auf, einmal krystallisirt als Quarz und Bergkrystall und dann im amorphen Zustande als Opal, welcher letztere allerdings stets eine größere oder geringere Menge Wasser enthält, das aber, weil der Gehalt desselben sehr variirt, als unwesentlich betrachtet werden kann; auch die künstlich dargestellte, frisch gefällte Kieselerde verhält sich ganz wie Opal; sie besitzt nämlich, auch nach dem Glühen, wie dieser ein bedeutend geringeres specifisches Gewicht als der Quarz und läßt sich in kochender Kalilösung, welche den Quarz nicht oder nur sehr wenig angreift, ebenfalls leicht auflösen. Der Schwefel, wenn er bis auf 200° erhitzt und dann in Wasser gegossen wird, erstarrt zu einer durchscheinenden hyacinthrothen zähen amorphen Masse, die nach einigen Tagen wieder gelb, undurchsichtig und krystallinisch wird. Der Kohlenstoff findet sich krystallisirt im Diamant, amorph in der Kohle und dem Ruße. Von gestaltlosen Körpern ist ferner hier besonders das Glas anzuführen; dieses läßt sich oftmals in den krystallinischen Zustand überführen; das (krystallinische) sogenannte Reaumur'sche Porzellan erhält man z. B., wenn man grünes Glas einige Tage lang einer Glühhitze aussetzt, bei welcher es weich ist, ohne flüssig zu werden; in den Glasfabriken tritt diese Umwandlung besonders dann ein, wenn die Glasmasse von complicirter Mischung und sehr leichtflüssig ist. Die einzelnen Krystalle, welche man bisweilen im Glas antrifft, sind gewöhnlich nadelförmig, zuweilen sind auch deutliche vierseitige Prismen und quadratische Pyramiden zu bemerken. Diese Krystalle sind merklich

*) Schweigger's Journ. Bd. LXVII. S. 418. Pogg. Ann. Bd. XXXIV. S. 577.

härter, als das Glas von der nämlichen Mischung, haben ein anderes specifisches Gewicht ꝛc. (Fuchs a. a. O.). Zu den Gläsern gehören auch die Schlacken, von denen mehrere große Neigung zum Krystallisiren zeigen. Von verglasten Mineralien führen wir den Obsidian, Bimstein, Pechstein, Perlstein und die Laven an, und von dem Opale ähnlichen, auf nassem Wege oder durch Coagulation erzeugten gestaltlosen Körpern den Allophan, Psilomelan, Uranpecherz, Kupfergrün ꝛc. Im amorphen Zustande kann man erhalten den Borax, die Borarsäure, die Phosphorsäure, arsenige Säure, Arseniksäure; ferner ist das bleigraue Grauspießglanzerz und der braunrothe Mineralkermes das erstere als die krystallisirte Abänderung, der zweite als die amorphe einer und derselben Verbindung zu betrachten. Der Vesuvian ferner und der Kalkgranat (Grossular) sind chemisch gleich zusammengesetzt, hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften aber verschieden; beide gehen durch Schmelzen in den amorphen Zustand über und liefern hierbei ein völlig gleiches Product, welcher weicher ist und ein bedeutend geringeres specifisches Gewicht zeigt, als jedes der beiden Mineralien im krystallinischen Zustande. — Einige amorphe Körper zeigen unter gewissen Umständen eine Veränderung ihrer physikalischen Eigenschaften, welche man aus einem Uebergange derselben aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand erkären könnte. Hiermit scheint das Erglimmen vieler künstlich dargestellter Körper und einiger Mineralien zusammenzuhängen. Es tritt dasselbe nämlich bei einer Erhitzung ein, welche nicht den Schmelzpunkt des Körpers erreicht, und dieser besitzt nun nach dem Verglimmen ein größeres specifisches Gewicht, größere Härte und geringere Löslichkeit. Folgende Körper zeigen das angeführte Verhalten: Zirkonerdehydrat, Titansäurehydrat, Tantalsäurehydrat, Molybdänoxydulhydrat, Chromoxydulhydrat, Eisenoxydulhydrat, Rhodiumoxydhydrat, wasserhaltiges basisch-arseniksaures Eisenoxyd, antimonigsaures Kobaltoxyd, antimonsaures Kobaltoxyd und Kupferoxyd, ferner der Euxenit (Hauptbestandtheil: gewässerte tantalsaure Yttererde) und besonders der Gadolinit (kieselsaure Yttererde); das letztere Mineral ist nach dem Erglimmen sehr unvollständig, vor demselben sehr leicht löslich in Salzsäure, während das specifische Gewicht nach Kobell *) bei dem Erglimmen von 4,25 auf 4,31 zunimmt, nach Scheerer **) von 4,35 auf 4,63. Die ähnlich zusammengesetzten Mineralien, der Orthit und der Allanit, verhalten sich dem Gadolinit ganz analog (Scheerer). Die arsenige Säure zeigt eine merkwürdige Eigenschaft, welche hier erwähnt zu werden verdient; sie läßt sich nämlich bei ihrer Sublimation im Großen in einem amorphen glasartigen Zustande erhalten, welcher nach und nach, ebenso wie beim Schwefel, wieder zu verschwinden scheint, indem die Masse bei gewöhnlicher Temperatur in einigen Monaten trübe und endlich weiß und ganz undurchsichtig wird; hierbei soll nach Guibourt, den gewöhnlichen Fällen gerade entgegengesetzt, das specifische Gewicht von 3,785 auf 3,695 abnehmen und die Löslichkeit der Substanz in kaltem und heißem Wasser eine etwas größere werden. H. Rose***) hat bemerkt,

*) Journ. f. pr. Chem. Bd. I. S. 91.
**) Pogg. Ann. Bd. LXI. S. 493.
***) Pogg. Ann. Bd. XXXV. S. 481.

daß, wenn man die durchsichtige Säure in Salzsäure auflöst, bei der Bildung und Ausscheidung jedes einzelnen Krystalls eine Lichtentwicklung stattfindet, welche Erscheinung bei Anwendung der vollständig undurchsichtig gewordenen arsenigen Säure nicht eintritt. Hieraus ergiebt sich also, daß auch Auflösungen einen Körper im amorphen oder krystallisirten Zustande enthalten können, und daß eben durch die Umlegung der Atome bei dem Uebergang aus dem gestaltlosen in den gestalteten Zustand jene bei der krystallischen Ausscheidung der verglasten arsenigen Säure aus ihrer Auflösung in Salzsäure zu beobachtende Lichtentwicklung hervorgebracht wird. E. W.

Das zweifach phosphorsaure und das zweifach arsensaure Natron besitzen fast ganz gleiche Eigenschaften, wenn aber beide geschmolzen sind, so erstarrt das erste beim Erkalten zu einem durchsichtigen farblosen Glase, das zweite zu einer weißen undurchsichtigen krystallinischen Masse. Das phosphorsaure Salz entläßt beim Erstarren in gleicher Zeit merkbar weniger Wärme als das arsensaure, weil es in dem glasigen Zustande wahrscheinlich einen Antheil seiner Flüssigkeitswärme, d. h. seiner latenten Wärme, in einem Zustande von chemischer Verbindung zurückhält. Keine der Verbindungen der Kieselsäure mit einer Base, d. i. kein nur eine Base enthaltendes Silicat, erstarrt nach dem Schmelzen zu einem Glase, nur allein sehr basisches Bleisilicat ausgenommen; sie krystallisiren alle. Wird aber ein Gemenge dieser Silicate geschmolzen, so zeigt dasselbe eine eigenthümliche Klebrigkeit und Zähigkeit, es scheint die Fähigkeit zu krystallisiren verloren zu haben und bildet beständig ein Glas. Wahrscheinlich unterscheiden sich alle Körper im glasigen und krystallisirten Zustande durch die Menge der gebundenen Wärme, welche sie enthalten, wie dies für diese beiden Zustände am geschmolzenen Zucker beobachtet worden ist. Es ist bekannt, daß der Zucker als ein durchsichtiger und farbloser Körper, der im Aeußern dem Glase gleicht (Gerstenzucker, Bonbon), und als eine weiße, undurchsichtige, körnig krystallinische Masse (Hutzucker) erhalten werden kann. Der Uebergang aus dem glasigen (amorphen, gestaltlosen) Zustande in den krystallinischen ist von beträchtlicher Wärmeentwicklung begleitet. Man läßt geschmolzenen Zucker bis auf ungefähr + 38° C. abkühlen; zieht man ihn dann, während er noch weich und zähe ist, rasch und öfter aus, indem man ihn stets doppelt zusammenlegt, bis er endlich aus einer Masse von Fäden besteht, so steigt die Temperatur so hoch, daß sie der Hand unerträglich wird. Mittelst des Thermometers fand man, daß sich in einer beträchtlichen Masse in weniger als zwei Minuten die Temperatur von 40° auf 80° C. erhob. Nach diesem Freiwerden von Wärme bildet der Zucker beim Abkühlen nicht mehr eine glasartige Masse, sondern er besteht dann aus kleinen Körnern von Perlglanz. Dieselbe Veränderung kann auch allmälig erfolgen, z. B. wenn ein Stück Gerstenzucker oder ein Bonbon mit der Zeit weiß und undurchsichtig wird *).

Interessante Beobachtungen hat Wöhler**) an Lithofellinsäure gemacht. Er hatte dieselbe in kleinen (in heißem Alkohol löslichen) Krystallen erhalten. Sie schmolz bei 205° C. und erstarrte, wenn man sie nicht darüber erhitzt hatte, wieder krystallinisch. Wurde sie aber nur wenige Grade über diese Temperatur erhitzt,

---

*) Graham Elem. of Chemistry, Heft 3, woraus Otto in Pogg. Ann. Bd. XLVIII. S. 344 einen Auszug mitgetheilt hat.

**) Pogg. Ann. Bd. LIV. S. 255.

so erstarrte sie zu einer klaren, glasigen, durchaus unkrystallinischen Masse, die durch Reiben stark elektrisch wurde. Gießt man Alkohol auf diese Masse, so verbreitet sich in ihr plötzlich mit einer gewissen Regelmäßigkeit eine große Anzahl feiner Sprünge, und läßt man eine, selbst ganz dünne Schicht Alkohol auf der Masse liegen, so fängt diese bald an sich in ein Aggregat von regelmäßigen Krystallen zu verwandeln. Die merkwürdigste Eigenthümlichkeit aber, welche jene glasige amorphe Lithofellinsäure zeigt, ist, daß ihr Schmelzpunkt um 100⁰ niedriger ist, als der der krystallisirten. Sie schmilzt nämlich zwischen 105⁰ und 110⁰ C. zu einer zähen fadenziehenden Masse. In Alkohol aufgelöst kann sie wieder krystallisirt erhalten werden. Erhält man sie längere Zeit in einer gewissen, noch nicht näher bestimmten Temperatur über ihrem Schmelzpunkte flüssig, so erstarrt sie bisweilen in dieser Temperatur wieder krystallinisch. Wöhler knüpft hieran folgende allgemeine Bemerkung: Man kennt jetzt eine ziemlich große Anzahl Körper der verschiedensten Natur, die unter gewissen Umständen krystallisirt, unter andern amorph sind. Bei dem Uebergange aus dem einen in den andern Zustand ändern sie, wie es scheint, alle ihre physikalischen Eigenschaften, ihre Farbe, ihre Dichtigkeit, ihr Brechungsvermögen, ihre specifische Wärme, ihre Löslichkeit, ohne wesentliche Aenderung ihres chemischen Verhaltens. Man kann sogar vermuthen, daß sich die zweierlei Zustände selbst in chemischen Verbindungen erhalten, worauf z. B. die von Berzelius beobachteten krystallisirten und amorphen brenztraubensauren Salze zu deuten scheinen. Das erwähnte Verhalten der Lithofellinsäure, im amorphen und krystallisirten Zustande zweierlei Schmelzpunkt zu haben, veranlaßte Wöhler, in dieser Beziehung noch andere Körper zu untersuchen. Er glaubt daraus als allgemeinen Satz folgern zu können, daß jeder dimorphe Körper auch zweierlei Schmelzpunkte hat. Wöhler hat dies wenigstens bei den folgenden Körpern bestätigt gefunden: Zucker, Amygdalin, Pinus-Betaharz (Sylvinsäure) und Lithofellinsäure; alle wohl krystallisirende Körper erstarren nach dem Schmelzen zu durchsichtigen, glasigen Massen, ohne dadurch ihre Krystallisationsfähigkeit verloren zu haben. In diesem amorphen Zustande haben diese Körper ungleich niedrigere Schmelzpunkte als im krystallisirten.

	Krystallisirt, schmilzt bei	Amorph, schmilzt zwischen
Zucker . . .	160⁰ C.	90⁰ — 100⁰
Amygdalin . .	200	125 — 130
Sylvinsäure . .	140	90 — 100
Lithofellinsäure .	205	105 — 110

Es ist schwer, mit Schärfe den Schmelzpunkt der amorphen Körper zu bestimmen, da dem wirklich liquiden Zustande stets eine Erweichung vorangeht, die ihnen gerade eigenthümlich ist. Bei den obigen Temperaturgraden waren die Substanzen so erweicht, daß sie sich in Fäden ausziehen ließen.

Analyse *). Die chemische Analyse lehrt uns die chemischen Bestandtheile der Körper ermitteln, sie von einander abscheiden und ihrer Menge nach bestimmen. Je nachdem der Gegenstand einer analytischen Untersuchung der organischen oder der unorganischen Natur entnommen wird, zerfällt die Analyse in zwei wesentlich verschiedene Theile, in die organische und in die unorganische Analyse. Die erstere umfaßt wiederum einerseits die sogenannte Elementaranalyse,

*) Von dem Griech. ἀναλύειν auflösen.

die Abscheidung und Bestimmung der Elemente oder der entfernteren Bestandtheile, andererseits aber die Isolirung der näheren Bestandtheile organischer Zusammensetzungen und Gemenge, der einfacheren scharf charakterisirbaren organischen Verbindungen; von der Elementaranalyse wird am Schluß dieses Artikels Einiges zu erwähnen sein. Zunächst und hauptsächlich haben wir hier die analytischen Methoden zur Untersuchung anorganischer Körper zu betrachten; dieser Theil der analytischen Chemie umfaßt wiederum zwei Hauptabtheilungen, von denen die eine, der qualitative Theil der Analyse, die Beschaffenheit und Anzahl der Bestandtheile, aus welchen die zu untersuchenden Körper zusammengesetzt sind, kennen lehrt, die andere aber, der quantitative Theil der Analyse, untersucht, in welcher Menge und nach welchen Verhältnissen die einzelnen Bestandtheile in jenen Substanzen vorhanden sind. Es kann nicht unsere Absicht sein, hier eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Methoden zu geben, mit deren Hülfe man die Bestandtheile der Körper von einander abscheidet und ihrem Gewichte nach bestimmt; wir müssen in dieser Hinsicht auf die Artikel verweisen, welche die einzelnen Elemente und deren Hauptverbindungen behandeln, in denen man auch eine kurze Anleitung zur quantitativen Bestimmung des betreffenden Elementes finden wird; ferner haben wir bei Gelegenheit der Artikel Ackererde und Mineralquellen eine Beschreibung der hauptsächlichsten Methoden zur Untersuchung von Bodenarten und von Mineralwassern mitgetheilt; wir werden uns deshalb hier auf die Angabe des Ganges beschränken können, den man im Allgemeinen bei qualitativ-chemischen Untersuchungen einzuschlagen pflegt, während wir die quantitative Analyse nur insofern berücksichtigen wollen, als wir einige der Vorsichtsmaßregeln, die man bei der Ausführung derselben zu beobachten hat, hier anführen und endlich beispielsweise an einigen Mineralien das Verfahren mittheilen werden, nach welchem man die einzelnen Bestandtheile derselben von einander trennen und quantitativ bestimmen kann.

Die analytische Untersuchung der Körper kann auf trocknem Wege sowohl, als auf nassem vorgenommen werden; von dem letzteren wird hier namentlich die Rede sein, da man ersteren, welcher außer der Elementaranalyse hauptsächlich das Verhalten der Elemente und deren Verbindungen vor dem Löthrohr umfaßt, in einem eignen Artikel, Löthrohr, ausführlich besprochen findet.

1. Vorarbeiten für die analytische Untersuchung einer anorganischen Substanz.

1) Man hat einen festen Körper zu untersuchen, den man, wenn er größere Krystalle und feste Stücke bildet, zunächst in einen pulverförmigen Zustand bringt. Mit diesem Pulver muß man nun einige Versuche auf trocknem Wege vornehmen, aus deren Resultat man auf die chemische Beschaffenheit der Bestandtheile des Körpers oftmals schon einen mehr oder weniger sicheren Schluß machen kann; die mit einem solchen Körper vor dem Löthrohr anzustellenden Versuche sind in dem angeführten Artikel beschrieben; es ist hier hauptsächlich nur von dem einfachen Verhalten der Substanz die Rede, wenn man sie in einem eisernen Löffel oder in einer offnen oder an der einen Seite zugeschmolzenen Glasröhre der Einwirkung der Spiritusflamme aussetzt. Wird der Körper bei dieser Einwirkung schwarz, so deutet dies auf die Gegenwart organischer Substanzen, und entsteht, nachdem die Masse durch Fortglühn der organischen Verbindung wieder ihre weiße Farbe

angenommen hat, bei Zusatz einer Säure ein Aufbrausen, das man bei dem ursprünglichen Körper, wenn er ebenso behandelt wurde, nicht bemerkte, so ersieht man hieraus, daß organische Säuren mit Alkalien oder alkalischen Erden in Verbindung waren und durch das Glühen in Kohlensäure sich verwandelt haben. Das Fortbrennen der organischen Substanz wird häufig sehr beschleunigt durch Befeuchten derselben mit reiner Salpetersäure, welches Verfahren man jedoch bei quantitativen Analysen nur anwenden darf, wenn der Rückstand aus solchen Basen oder Verbindungen besteht, welche nach dem Glühen keine Kohlensäure mehr zurückhalten, wie viele Metalloxyde, oder wenn diese Säure bei der Untersuchung nicht weiter berücksichtigt wird. Nimmt ferner der in Untersuchung genommene Körper bei dem Glühen eine gelbliche Farbe an, so kann man hieraus auf die Gegenwart von Zinkoxyd und Bleioxyd schließen, auf die des erstern, wenn die Masse bei dem Erkalten wieder weiß wird, auf die des letzteren, wenn sie auch dann ihre gelbliche Farbe beibehält. Viele Mineralsubstanzen und Kunstproducte entwickeln, wenn sie in einem kleinen Glaskolben oder in der Glasröhre erhitzt werden, Dämpfe, welche zum Theil an dem kälteren Theil des Glases sich wieder condensiren und eine feste Form annehmen. Auf diese Weise kann man leicht entdecken, ob ein Körper Wasser enthält; enthält das ausgetriebene Wasser etwa Fluorwasserstoffsäure, wie es oftmals bei der geringen Menge des Wassers der Fall ist, welches beim Glühen verschiedener Mineralien, wie des Glimmers, Augits, Skapoliths rc. entweicht, so erkennt man dieses an der Kieselerde, welche ein Tropfen desselben beim Verdampfen auf Glas zurückläßt, oder an der gelben Farbe, welche die Dämpfe dem Fernambukpapier mittheilen; ist auch Fluorbor in diesem Wasser anwesend, so nimmt das Fernambukpapier zuerst die gelbe Farbe an, wird aber nach dem Trocknen weiß, und die Dämpfe verhalten sich dann gegen das Glas nicht ätzend. Auch bemerkt man bei dem Erhitzen der Substanz zuweilen ammoniacalische Dämpfe, die man durch das Blauwerden des gerötheten Lackmuspapiers oder an ihrem Geruche erkennt; bestehen diese Dämpfe aus Quecksilber, Arsenik oder Antimon, so erkennt man dieses leicht an dem Sublimat, welches in dem kälteren Theile der Röhre sich absetzt; die Gegenwart des Schwefels giebt sich oft durch den Geruch nach schwefeliger Säure, die des Jods durch violette Dämpfe kund. Schmilzt die Substanz ohne Dämpfe auszustoßen, und entsteht in der geschmolzenen Masse, wenn man etwas Papier oder Kohle hineinwirft, eine Verpuffung, so deutet dies auf salpetersaure oder zuweilen auf chlorsaure Salze. Man bemerkt zuweilen auch ein Aufschwellen der Masse, so z. B. bei dem Borax, bei einigen Zeolithen und andern Mineralien; dieses, wie auch das Decrepitiren der Substanz (Chlornatrium, Chlorkalium rc.) kann zuweilen neben andern Kennzeichen für die Gegenwart irgend einer bestimmten Verbindung sprechen.

2) Bei der Gegenwart organischer Substanzen pflegt man diese zuerst zu verbrennen, weil sie die Scheidung und Erkennung der gleichzeitig vorhandenen Mineralsubstanzen oft in hohem Grade erschweren. Auch wünscht man oftmals die Menge der organischen Materie dem Gewichte nach zu bestimmen; zu diesem Zwecke muß man aus der Substanz durch vorhergehendes anhaltendes Trocknen (s. d. Art. Trocknen) bei einer Temperatur, welche den Punkt, bei welchem die Verflüchtigung oder Zersetzung der organischen Substanz eintritt, nicht erreichen darf, alle hygroskopische Feuchtigkeit austreiben und erst nach der vollständigen Entfernung

derselben bestimmt man durch Glühen die Menge der flüchtigen Körper. Man kann diese Bestimmung des Glühverlustes in einem Platintiegel vornehmen, nur darf dieses auf keine Weise geschehen, wenn man in der zu untersuchenden Substanz solche Metalle gefunden hat oder irgendwie vermuthen kann, welche durch die beim Glühen zuerst sich bildende Kohle reducirt werden können, indem dann das Platin mit diesen zu mehr oder weniger leichtflüssigen Legirungen sich verbinden und der Tiegel auf diese Art sehr bald zerstört werden würde; besonders würde dies bei der Gegenwart von Blei- oder Arsenikverbindungen sich ereignen, in diesen Fällen muß man daher die Anwendung der Platintiegel sorgfältig vermeiden und statt deren sich kleiner dünnwandiger Porzellantiegel oder Schalen bedienen. Wo man ferner die Bildung von freiem Chlor, Jod, Fluor ꝛc. zu befürchten hat, darf man ebenfalls die Platingefäße nicht anwenden, weil sie auch von diesen Dämpfen angegriffen werden.

3) Oftmals ist es wünschenswerth, die flüchtigen Stoffe, namentlich wenn dieselben dem Mineralreiche angehören, direct ihrer Beschaffenheit, wie ihrer Menge nach zu bestimmen, und in diesem Falle muß man Vorkehrungen treffen, um die beim Glühen entweichenden Dämpfe aufzufangen. Zur Bestimmung der Destillationsproducte eines Mineralkörpers bedient man sich gewöhnlich einer kleinen Porzellanretorte oder zuweilen einer kleinen gläsernen Retorte, je nachdem die Hitze, welche man anwenden muß, einen mehr oder weniger hohen Grad erreicht. Die Retorte wird vor und nach dem Hineinbringen des zerstoßenen Körpers gewogen und der Hals mittelst einer Kautschukröhre mit einer tubulirten Vorlage verbunden. Die Beschaffenheit der sich verflüchtigenden Körper erfordert einen mehr oder weniger complicirten Apparat; besteht derselbe nur in Wasser, so braucht man nur eine gewogene Chlorcalciumröhre, ähnlich wie bei der Elementaranalyse einer organischen Substanz, vorzulegen; man muß in diesem Falle sorgfältig beachten, ob die in Anwendung gebrachte Retorte völlig trocken war, weil sonst die von derselben zurückgehaltene Feuchtigkeit das Resultat des Versuches ungenau machen würde. Ist das Destillationsproduct eine Säure oder eine Base, so muß man auf geeignete Weise eine Absorption bewirken, wie man z. B. das Ammoniak in Salzsäure leitet und sodann in der Flüssigkeit die Menge desselben bestimmt.

4) Will man ein Mineral einer genauen quantitativen Analyse unterwerfen, so ist es vor allen Dingen nothwendig, die Auflösung desselben zu bewirken, um in diesem Zustande die Abscheidung und Wägung der einzelnen Bestandtheile vornehmen zu können. Ist der zu untersuchende Körper in Wasser unlöslich, so muß man denselben zunächst pulverisiren und das möglichst feine Pulver der Operation des Schlämmens unterwerfen; die praktische Ausführung dieser Operationen findet man in den Artikeln Pulverisiren und Schlämmen beschrieben.

a) Die Auflösung mittelst einer Säure geschieht in einem Glaskolben bei allmälig steigender Temperatur, namentlich wenn in der sich auflösenden Masse, wie es bei metallischen Körpern der Fall ist, die durch Salpetersäure oder Königswasser erst oxydirt werden, ein heftiges Spritzen und Aufbrausen sich zeigt; auch muß man, um den hierdurch möglich werdenden Verlust gänzlich zu vermeiden, den Glaskolben auf der Sandkapelle unter 45° gegen die Ebene derselben geneigt stellen; es ist ferner im voraus zu untersuchen, ob die zur Operation

benutzten Glasgefäße durch die concentrirten Säuren nicht angegriffen werden, indem z. B. die Schwefelsäure nicht selten das Glas theilweise auflöst, in welchem Falle es für den hier angegebenen Zweck untauglich wird. Die Säure, welche man als Auflösungsmittel anwendet, ist in der Regel die Chlorwasserstoffsäure oder bei metallischen Verbindungen die Salpetersäure oder das Königswasser; seltener bedient man sich hierzu der Schwefelsäure, da die Gegenwart derselben bei dem Verlaufe der Analyse nicht selten Schwierigkeiten verursacht, welche bei der Anwendung der Chlorwasserstoffsäure nicht stattzufinden pflegen. In allen Fällen sind Platingefäße, ausgenommen bei Anwendung des Königswassers, den Glasgefäßen vorzuziehen, und am besten nimmt man die Auflösung in einem größeren Platintiegel mit umgekehrt aufgelegtem Deckel vor; daß ein solches Gefäß angewendet werden muß, wenn man mit der Fluorwasserstoffsäure zu operiren hat, versteht sich von selbst und nur im Nothfalle oder bei minder genauen Untersuchungen kann man statt dessen sich eines bleiernen Tiegels oder einer Retorte von diesem Metall bedienen. Es giebt einige Mineralkörper, z. B. die Silicate der Thonerde, welche nach dem Glühen sich nur schwierig und unvollständig in Säuren auflösen lassen; man muß deswegen zur Bestimmung des Wassergehalts einen eignen Theil und zur Auflösung in der Säure einen andern Theil des frischen Minerals verwenden. Ist jedoch von dem letztern keine hinreichende Quantität vorhanden, so kann man die geglühte Substanz nach dem Vermischen mit kohlensaurem Kali, Natron oder Baryt oder in einigen Fällen mit kaustischem Kali einer starken Glühhitze aussetzen, durch welche Operation unter Abscheidung der Metalloxyde und Erden eine Verbindung zwischen der Kieselerde des Minerals und dem Alkali bewirkt wird. Die in dem Tiegel befindliche geschmolzene oder zusammengesinterte Masse wird dann leicht durch Chlorwasserstoffsäure zersetzt, die Kieselsäure ausgeschieden und die übrigen Bestandtheile werden zur weiteren Untersuchung und Bestimmung in Auflösung gebracht.

b) Man hat bei der Aufschließung der in Säuren unlöslichen oder schwer löslichen Verbindungen einige Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, die hier kurz erwähnt zu werden verdienen. Man mengt das gewogene Mineralpulver in einem hinlänglich geräumigen Platintiegel mit dem völlig entwässerten kohlensauren Natron oder Kali sorgfältig, indem man hierzu sich einer am Ende zugeschmolzenen und abgerundeten Glasröhre oder eines kleinen Platinspatels bedient; auch kann man, namentlich bei Anwendung des kohlensauren Natrons, die Mengung recht gut in einem vorher etwas gewärmten gut ausgeschliffenen Achatmörser vornehmen, den man zuletzt, nachdem man die Mischung in einen Platintiegel gebracht hat, noch mit etwas reinem kohlensauren Natron ausreibt und dieses zu der andern Quantität in dem Tiegel hinzufügt. Man nimmt von dem kohlensauren Natron oder Kali, oder einer Mischung von beiden, gewöhnlich das Drei- bis Fünffache des Gewichtes vom Steinpulver; das kohlensaure Natron pflegt man dem kohlensauren Kali vorzuziehen, weil es im entwässerten Zustande weniger schnell Wasser aus der Luft anzieht und weil das letztere häufig mit Kieselerde verunreinigt vorkommt. Wendet man beim Glühen Holzkohlen als Brennmaterial an, so setzt man den Platintiegel, welcher das Gemenge enthält, in einen größeren hessischen Tiegel hinein, in welchem sich etwas reiner Quarzsand oder kohlensaure Magnesia befindet, und bedeckt den hessischen Tiegel mit einem Deckel, der ebenfalls aus feuerfestem Thon besteht und durch welchen das Hineinfallen der Kohle und die Ver-

unreinigung der in dem Platintiegel enthaltenen Substanz verhindert wird, welches noch sicherer geschieht, wenn man den Deckel des kleinen Tiegels durch Umwickeln desselben mit Platindraht gut befestigt, so daß selbst, wenn der Tiegel in eine schiefe Stellung geräth, dennoch nichts von der Substanz verloren gehen kann. Man setzt die Masse anfangs einer gelinden Hitze aus, die allmälig bis zum Schmelzen gesteigert wird, falls überhaupt die Masse zusammengeschmolzen werden kann; bei anfangs zu starker oder zu schnell zunehmender Hitze geräth die Masse wegen des Entweichens von Kohlensäure leicht in ein heftiges Spritzen und Aufbrausen, wodurch theils das Sammeln der geschmolzenen Masse schwierig und mühsam wird, theils auch zwischen Tiegel und Deckel etwas hervordringen und verloren gehen kann; in dem letztern Falle ist man genöthigt, den Versuch zu wiederholen. Das Glühen, für welches die Dauer einer Stunde gewöhnlich mehr als hinreichend ist, kann in einem gewöhnlichen kleinen tragbaren Ofen bei Anwendung von Holzkohlen vorgenommen werden, oft aber auch auf der Berzelius'schen Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge und noch besser auf der Plattner'schen Glühlampe mit dem Blasebalg. Man vermeidet bei den letztern Methoden das Unangenehme des Kohlenstaubes und ist zugleich im Stande, die Hitze besser zu reguliren und deswegen auch mit größerer Sicherheit zu bestimmen, wann die Operation vollendet ist.

c) In einigen Fällen, namentlich wenn man die Analyse von Mineralien vornehmen will, welche Zirkonerde, Tantalsäure oder Zinnoxyd enthalten, indem diese durch kohlensaures Alkali nicht vollständig aufgeschlossen werden, bedient man sich auch des kaustischen Kali's. Das gewogene Steinpulver wird in einem geräumigen Silbertiegel mit dem Vier- bis Sechsfachen des Gewichtes von Kalihydrat gemengt und bei allmälig steigender Hitze über der Spirituslampe zusammengeschmolzen, wobei man sehr vorsichtig verfahren und der Tiegel beständig mit einem convex nach innen gebogenen Deckel bedeckt sein muß, indem nämlich das Kalihydrat leicht schmilzt und unter heftigem Umherspritzen Wasser verliert; man darf deswegen erst dann eine größere bis zum Glühen gehende Hitze anwenden, wenn das überschüssige Wasser vollständig ausgetrieben und die Masse in ruhigen Fluß gerathen ist; das Glühen wird wenigstens eine Stunde lang fortgesetzt. Bei dieser Methode erhält man gewöhnlich die zu untersuchende Substanz mit etwas Silber vermischt, und das dadurch während der Analyse entstehende und sich abscheidende Chlorsilber erfordert oft umständliche Operationen und veranlaßt deswegen manchmal Ungenauigkeiten in dem Resultat der Analyse. Man hat deshalb in neuerer Zeit die angeführte Methode zur Aufschließung von Mineralien so viel als möglich vermieden und anstatt derselben eine von Abich zuerst vorgeschlagene Methode allgemein in Anwendung gebracht, nicht nur bei den zirkon-, tantal- und zinnhaltigen Mineralien, sondern überall, wo in einem nicht durch Säuren zersetzbaren Körper die Alkalien quantitativ genau bestimmt werden sollen. Man mengt nämlich, ebenso wie oben bei dem kohlensauren Alkali angegeben wurde, die pulverisirte und sorgsam geschlämmte Mineralsubstanz mit dem Vier- bis Sechsfachen des Gewichtes von kohlensaurem Baryt und zwar so innig, wie es auf mechanischem Wege überhaupt nur möglich ist; sodann setzt man die Mischung, nachdem man sie in einen Platintiegel, welcher wieder in einem hessischen Tiegel eingeschlossen ist, gebracht hat, in dem Sefström'schen Gebläseofen 10 Minuten

lang der Weißglühhitze aus, bei welcher Hitze der kohlensaure Baryt mit dem Mineral zusammenschmilzt und dieses mit Leichtigkeit auflöst.

d) Nach Beendigung der soeben beschriebenen Operation läßt sich gewöhnlich die zusammengeschmolzene Masse aus dem Tiegel durch leises Zusammendrücken der Wände desselben herausbringen; bleibt noch etwas festsitzen, so löst man dieses mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf und spült den Tiegel mit destillirtem Wasser sorgfältig aus. Nur bei dem Zusammenschmelzen des Minerals mit kaustischem Kali muß man die Masse mit dem Tiegel in eine geräumige Porzellanschale oder in ein Becherglas stellen und hier mit einem Ueberschuß von Chlorwasserstoff übergießen, weil durch einfaches Drücken der Wände des Tiegels die Masse sich nicht aus dem Tiegel herausbringen läßt. Bei derselben Methode bleibt auch oft ein Theil des Steinpulvers unaufgeschlossen, namentlich bei thonerdehaltigen Mineralien; man muß deshalb häufig das Glühen mit kaustischem Kali 4 bis 5 mal wiederholen, ein Uebelstand, welcher bei Anwendung des kohlensauren Baryts in der Regel mit Leichtigkeit sich vermeiden läßt. — Bei dem Auflösen der zusammengeschmolzenen Masse in Chlorwasserstoffsäure muß man dafür Sorge tragen, daß durch Aufbrausen bei dem Entweichen der Kohlensäure nichts von der Auflösung mit fortgerissen wird, zu welchem Zwecke man gewöhnlich die Masse in ein hohes Becherglas bringt und dieses mit einem Uhrglase bedeckt, wodurch jeglicher Verlust unmöglich wird. Man muß die Chlorwasserstoffsäure stets mit einer hinlänglichen Quantität Wasser verdünnen und dieselbe nur nach und nach zusetzen, indem man dadurch ein zu heftiges Aufbrausen verhindert; ist die Säure zu concentrirt, so scheidet sich das Chloralkali aus, indem dieses in concentrirter Chlorwasserstoffsäure unlöslich ist. Giebt sich nach der Auflösung bei dem Umrühren mit einem Glasstabe auf dem Boden des Gefäßes ein feiner Sand durch Knirschen zu erkennen, so ist die Auflösung des Minerals nicht vollständig gelungen und man thut in diesem Falle am besten, wenn man diese Probe verwirft und eine neue Quantität des Minerals zu einem andern Versuche verwendet; kann dieses jedoch aus Mangel an Substanz nicht geschehen, so muß man den festen Rückstand abfiltriren, gut auswaschen und nochmals mit kohlensaurem Alkali oder Baryt zusammenschmelzen und die hierdurch gewonnene Masse zu der zuerst erhaltenen Auflösung hinzufügen.

e) Der salpetersaure Baryt wird nur selten anstatt des kohlensauren Baryts benutzt, höchstens nur bei solchen Mineralien, welche wie der Glimmer sich nicht gut fein pulvern und schlämmen lassen oder der Einwirkung des kohlensauren Baryts widerstehen. Die salpetersaure Verbindung wirkt allerdings kräftiger, weil beim Glühen durch Zersetzung der Salpetersäure kaustischer Baryt entsteht, jedoch hat man bei dieser Methode die Unannehmlichkeit, daß die schmelzende Salzmasse sehr leicht über den Tiegel steigt oder durch Spritzen etwas verloren geht. Weil der kaustische Baryt das Platin angreift, bedient man sich hierbei der silbernen Tiegel; man erwärmt die Mischung des (nicht mehr decrepitirenden) Salzes mit dem Mineralpulver zuerst vorsichtig über der Spirituslampe, bis der größte Theil der Salpetersäure zersetzt ist, und bringt sodann den Tiegel in Kohlenfeuer, mittelst dessen man eine solche Hitze giebt, als der Tiegel vertragen kann, ohne zu schmelzen. Besser als mit salpetersaurem Baryt kann man das Mineralpulver auch unmittelbar mit Barythydrat mischen, die Mischung mit einer Lage von kohlensaurem Baryt überdecken und sodann ebenfalls der Glühhitze aussetzen.

f) Um den Alkaligehalt kieseliger Mineralien zu untersuchen, läßt sich sehr gut, nach der von Berzelius vorgeschlagenen Methode, die Verbindung mittelst Flußspath zersetzen. Ungefähr 5 Theile zerstoßenen Flußspaths werden mit 1 Theil des Mineralpulvers in einem geräumigen Platintiegel gemengt und sodann mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und erwärmt, bis alle Kieselerde als Fluorkieselgas entwichen und alle freie Schwefelsäure ausgetrieben worden ist. In dem Rückstande bestimmt man nach dem Befeuchten mit Chlorwasserstoffsäure und dem Auflösen in Wasser die Menge der einzelnen Bestandtheile. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß man sich statt des Flußspaths noch besser der reinen Fluorwasserstoffsäure zur Auflösung kieseliger Mineralien bedienen kann, da man mit Hülfe derselben auch die Menge der in dem Mineral etwa enthaltenen Kalkerde erfahren und überhaupt in weit kürzerer Zeit als auf irgend eine andere Weise zu genauen analytischen Resultaten gelangen kann. Man übergießt das Mineralpulver in einer geräumigen Platinschale mit der Säure, deren Einwirkung bei bedeutender Concentration gewöhnlich sehr heftig ist, so daß man mit der gehörigen Vorsicht verfahren muß, weil die Masse sonst leicht ins Kochen geräth und durch Umherspritzen etwas verloren gehen kann; nachdem die erste Einwirkung vorüber ist, setzt man ein wenig Schwefelsäure hinzu, dampft das Ganze bis zur Trockenheit ein und erhitzt zuletzt den Rückstand bis zum schwachen Glühen. — Da man nicht immer größere Platingefäße bei der Hand hat, so kann man sehr gut zum Aufschließen eines Minerals mittelst Fluorwasserstoffsäure sich des von Brunner in Anwendung gebrachten Apparates bedienen; dieser besteht aus einer bleiernen Schale mit plattem Boden (6 Zoll im Durchmesser); in der Mitte befindet sich eine Erhöhung, welche eine flache Platinschale trägt; die ganze Bleischale wird mit einem Deckel von Blei und einem Handgriffe versehen. Das Mineralpulver bringt man etwas angefeuchtet in die kleine Platinschale, legt auf den Boden des größeren Gefäßes $^1/_2$ Zoll hoch zerstoßenen Flußspath, übergießt diesen mit Schwefelsäure und läßt die sich entwickelnde Flußsäure auf das Mineralpulver, bei Anwendung von 2 Grammen des letzteren, etwa 2 Stunden lang bei gelinder Hitze einwirken.

g) Es ist schließlich noch eines kräftigen Auflösungsmittels schweraufschließbarer Substanzen auf trocknem Wege Erwähnung zu thun, nämlich des sauren schwefelsauren Kali's; dieses wendet man namentlich zum Aufschließen titan-, tantal- und wolframsaurer Verbindungen an, sowie man nach Rose auch bei Untersuchung der Verbindungen der Thonerde mit Talkerde oder Zinkoxyd (Spinell und Gahnit), des Chromeisens und anderer Mineralien sich dieses Mittels bedienen kann. Einen Theil des gepulverten und geschlämmten Minerals mengt man mit 5 bis 6 Theilen des sauren schwefelsauren Kali's und erhitzt das Gemenge in einem bedeckten Platintiegel allmälig bis zum Schmelzen, wobei nach und nach Alles zu einer durchsichtigen Masse aufgelöst wird, welche man nach dem Erkalten mit Wasser erhitzt und aus dem Tiegel zur weiteren Untersuchung herausschafft. — Eine Mischung von 1 Th. kohlensaurem Natron mit 3 Th. Salpeter wird angewendet, wo man die völlige Oxydation einiger Substanzen, wie Arsenik, Schwefel, Chrom 2c. bezweckt; die durch Verpuffen der Verbindungen solcher Körper mit jener Mischung gebildete Arseniksäure, Schwefelsäure 2c. hat sich mit dem Alkali verbunden, ist in Wasser auflöslich und auf diese Weise von etwa vorhandenen Metalloxyden, die ungelöst zurückbleiben, trennbar. Bei Metalllegirungen

bewirkt man die Auflösung und gleichzeitige Trennung einiger Bestandtheile zuweilen auch durch einen Strom von Chlorgas, indem nämlich einige Chlorverbindungen, wie Schwefel- und Arsenikchlorür, flüchtig sind, während andere Chlormetalle zurückbleiben; die flüchtigen Substanzen fängt man in einer mit Wasser versehenen Vorlage auf.

Wenn man eine zu untersuchende Substanz durch irgend eines der angegebenen Mittel in den auflöslichen Zustand versetzt und dadurch zur näheren Prüfung vorbereitet hat, geht man zur Analyse selbst über, welche zunächst nur die Beschaffenheit der Bestandtheile und dann erst deren Menge in Betracht zieht.

II. Qualitative Untersuchung.

Wie schon angeführt wurde, kann man oft aus dem einfachen Verhalten einer festen Substanz gegen die Hitze auf das Vorhandensein einiger besonderen Bestandtheile schließen; ebenso kann die Auflöslichkeit des Körpers in Wasser, oder einer bestimmten Säure, oder dessen Unlöslichkeit in diesen Mitteln, sowie die Erscheinungen, welche man hierbei eintreten sieht, bei gehöriger Aufmerksamkeit auf den Weg leiten, den man bei der näheren Prüfung einzuschlagen hat, um am schnellsten zum Ziele zu gelangen. Die kohlensauren Verbindungen verrathen sich z. B. bei der Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure durch das Aufbrausen der entweichenden Kohlensäure, das Vorhandensein von Hyperoxyden giebt sich durch die Entwicklung von Chlorgas zu erkennen, und die Schwefelmetalle zeigen bei einer solchen Behandlung einen durchdringenden Geruch nach Schwefelwasserstoff, während bei Anwendung der Salpetersäure oder des Königswassers als Auflösungsmittels derselben der Schwefel als solcher in Tropfen oder in einer zusammenhängenden porösen Masse sich abscheidet, welche leicht aus der Flüssigkeit herausgenommen und für sich ihrem Gewichte nach bestimmt werden kann; das Selen scheidet sich aus seinen Verbindungen mit Metallen, wenn man diese mit Salpetersäure erhitzt, als eine zähe braune Masse aus; in der Flüssigkeit ist außerdem stets noch eine größere Menge von Schwefelsäure oder von seleniger Säure vorhanden, die bei quantitativen Bestimmungen in Betracht gezogen werden muß.

Hat man durch irgend eine der im Vorhergehenden besprochenen Methoden die zu untersuchende Verbindung in Auflösung gebracht, so pflegt man zur Auffindung der etwa vorhandenen Basen und Säuren einen verschiedenen Gang der Untersuchung einzuschlagen, wobei jedoch zu bemerken ist, daß man oftmals bei der Auffindung der Basen auch von der Gegenwart dieser oder jener Säure sich zu überzeugen Gelegenheit hat. Enthielt die zu analysirende Substanz Kieselsäure, so bildet die Abscheidung derselben gewöhnlich die erste der vorzunehmenden Operationen. Bei der Behandlung mit Säuren scheidet sich die Kieselsäure gewöhnlich als flockige oder gallertartige Substanz aus, während ein Theil derselben in der Auflösung bleibt; um sie vollständig abzuscheiden und bei quantitativen Untersuchungen in einen wägbaren Zustand zu bringen, muß man die ganze Flüssigkeit bei gelinder Hitze und zuletzt im Wasser- oder Sandbade bis zur Trockenheit eindampfen, den Rückstand mit etwas concentrirter Chlorwasserstoffsäure befeuchten, weil beim Eintrocknen leicht ein Theil des etwa vorhandenen Chloraluminiums und Eisenchlorids sich zersetzt haben kann, und sodann, nachdem man die Masse etwa eine Stunde lang an einem erwärmten Orte hat stehen lassen, destillirtes Wasser hinzufügen und die ausgeschiedene Kieselsäure auf ein Filtrum bringen, mit wel-

chem man sie nach dem Auswaschen und Trocknen verbrennen kann, um sie zuletzt auf der Wage ihrem Gewichte nach zu bestimmen. Die so ausgeschiedene Kieselsäure muß weiß sein, eine voluminöse leichte Masse bilden und sich weich anfühlen lassen; wenn sie vollkommen rein ist, darf concentrirte Chlorwasserstoffsäure nichts auflösen und beim Digeriren mit derselben nicht gefärbt werden; mit kohlensaurem Natron auf Kohle zusammengeschmolzen muß sie eine klare farblose Glasperle geben, sich sowohl vor wie nach dem Glühen in concentrirter Lösung von kohlensaurem Natron ohne Rückstand auflösen und durch Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure ohne Rückstand verflüchtigen lassen. Wenn sich die Kieselerde bei diesen Prüfungen als unrein erweist, so muß man dieselbe entweder mit kohlensaurem Alkali zusammenschmelzen (s. oben) oder den nach Behandlung mit concentrirter Lösung von kohlensaurem Kali oder Natron gebliebenen Rückstand für sich einer besonderen Untersuchung unterwerfen.

Um in einer Auflösung die verschiedenen Basen aufzufinden, kann man einen bestimmten Gang einschlagen, den man stets befolgen muß, wenn man nicht, wie es gewöhnlich der Fall ist, durch besondere Anzeichen zu der Ueberzeugung gelangt ist, daß diese oder jene Basis oder Säure oder eine ganze Classe von (gegen gewisse Reagentien analog sich verhaltenden) Körpern in der Auflösung nicht vorhanden sein kann, wodurch natürlich die im Folgenden beschriebene Untersuchungsmethode mehr oder weniger bedeutende Abkürzungen erleiden wird. Zuerst muß man zu der Auflösung, in welcher man das Vorhandensein der am häufigsten vorkommenden Basen und Säuren annehmen kann, solche Reagentien hinzufügen, welche die Trennung ganzer Reihen oder Classen von Körpern von einander bezwecken, und diese in eine feste, pulverförmige Form versetzen, in welcher sie sowohl auf trocknem Wege als auch nach dem Wiederauflösen einer weiteren Untersuchung unterworfen werden können.

A) Auffindung der Basen. 1) Man setzt zu der Auflösung etwas Chlorwasserstoffsäure, wenn sie neutral und nicht schon mittelst dieser Säure bewirkt worden ist. War auch Salpetersäure in der Auflösung zugegen, so wird Chlor frei und man thut in diesem Falle wohl, das Ganze einzudampfen, bis der Chlorgeruch auch bei Zusatz von mehr Chlorwasserstoffsäure völlig verschwunden ist, weil das freie Chlor auf die Reactionen des Schwefelwasserstoffs schädlich einwirken kann. Hat man sich im voraus von der Abwesenheit der Salpetersäure überzeugt und wird bei Zusatz von Chlorwasserstoffsäure zu einer concentrirten Auflösung dennoch Chlor frei, so beweist dies, daß in der wässerigen Auflösung Manganoxyd, Ceroxyd, Mangansäure, Vanadinsäure, Chromsäure oder Selensäure enthalten sind; auch chlor-, brom- und iodsaure Salze können zur Entwicklung von Chlor Veranlassung geben. Bei Hinzufügung der Chlorwasserstoffsäure bemerkt man häufig das Entstehen eines Niederschlages, der durch einen Ueberschuß der Säure und beim Erhitzen der Lösung gewöhnlich wieder verschwindet, in einigen Fällen jedoch bleibt, welches Letztere namentlich bei der Gegenwart der Tantalsäure, Wolframsäure und Titansäure und besonders dann geschieht, wenn Silber, Quecksilber und in einer concentrirten Lösung auch wenn Blei vorhanden ist; der Niederschlag des Chlorbleis verschwindet jedoch wieder durch Hinzufügung einer größern Quantität Wasser. Die Titan- und Wolframsäure lassen sich leicht vor dem Löthrohr erkennen, und die Wolframsäure außerdem durch ihre Auflöslichkeit in Schwefelwasserstoff-Ammoniak

von den andern so gefällten Substanzen unterscheiden. War die Auflösung alkalisch, so scheidet sich auch oft durch Zusatz einer Säure Kieselsäure aus, die ebenfalls vor dem Löthrohr oder auf die oben angegebene Weise näher untersucht werden kann. Die in Wasser löslichen Schwefelsalze entwickeln meistens bei Hinzufügung der Chlorwasserstoffsäure Schwefelwasserstoffgas, und es bleibt dann gewöhnlich eine Schwefelverbindung gelöst, während eine andere sich ausscheidet, die für sich einer weiteren Untersuchung unterworfen werden muß.

2) Es wird zu der sauren Auflösung Schwefelwasserstoffwasser gesetzt oder besser so lange Schwefelwasserstoffgas hineingeleitet, als noch ein Niederschlag entsteht. Dunkelfarbige Schwefelmetalle schlagen sich nieder bei Gegenwart von Tellur, Gold, Platin, Palladium, Rhodium, Iridium, Osmium, Quecksilber, Kupfer, Blei, Wismuth, Zinn (jedoch nur wenn es als Chlorür oder Oxydul zugegen ist, sonst bildet sich ein citronengelber Niederschlag), Molybdän, Wolfram, Selen. Das Selen wird auf diese Weise nicht gefällt, wenn es als Selensäure in Verbindung mit einem durch Schwefelwasserstoff fällbaren Metalloxyd zugegen war, oder nur wenn die Selensäure durch anhaltendes Digeriren mit Chlorwasserstoffsäure in selenige Säure verwandelt worden ist, und zwar dann mit hellgelber Farbe, die aber beim Erhitzen der Flüssigkeit dunkelgelb oder fast zinnoberroth wird. Das Wolfram, als Wolframsäure, läßt sich in der Regel auf diese Weise nicht niederschlagen, jedoch fällt es nach der Auflösung in Schwefelwasserstoff-Ammoniak durch Zusatz einer Säure als Schwefelmetall nieder. Das Schwefelquecksilber erscheint zuweilen mit heller Farbe. Die hellen Niederschläge mittelst Schwefelwasserstoff deuten auf Arsenik, Antimon, Cadmium, Zinn. Ist der Arsenik als Arseniksäure zugegen, so bildet sich nur schwierig ein Niederschlag und man muß dann dieselbe lieber durch Kochen mit schwefeliger Säure in arsenige Säure verwandeln. Zuweilen zeigt sich nach dem Hinzufügen des Schwefelwasserstoffs kein eigentlicher Niederschlag, sondern nur eine helle milchige Trübung, die von ausgeschiedenem Schwefel herrührt, welches die Gegenwart gewisser leicht in niedrige Oxydationsstufen übergehender Verbindungen, namentlich von Manganoxyd, Eisenoxyd und Chromsäure, beweist, die aus sauren Auflösungen durch Schwefelwasserstoff sich nicht fällen lassen. — Im Allgemeinen pflegen sich die dunkelfarbigen Schwefelmetalle bei der obigen Behandlung zuerst und darauf erst die hellfarbigen auszuscheiden.

Hat man auf die angeführte Weise aus einer Auflösung eine Menge von Schwefelmetallen niedergeschlagen, so bietet das Schwefelwasserstoff-Ammoniak ein bequemes Mittel dar, sie in zwei verschiedene Classen zu trennen, indem ein Theil derselben in diesem Präparate auflöslich, ein anderer Theil unlöslich ist.

a) Aufgelöst werden: Molybdän, Wolfram, Arsenik, Antimon, Zinn, Tellur und Selen. Gold, Platin, Palladium, Iridium und Osmium zeigen hierbei meistens unbestimmte Reactionen; jedoch löst sich meistens der größte Theil des Schwefelgoldes und Schwefelplatins ebenfalls auf. Die durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak erhaltene Auflösung wird nun mit Wasser verdünnt und allmälig Chlorwasserstoffsäure zugesetzt, bis die Flüssigkeit sauer reagirt; es scheiden sich die oben genannten Schwefelmetalle dadurch, und zwar wegen Beimengung von Schwefel gewöhnlich mit etwas lichterer Farbe, wieder aus, welches durch gelindes Digeriren noch wesentlich befördert wird. In diesem Niederschlage erkennt man nun die Gegenwart der einzelnen Metalle theils auf trocknem Wege mit Hülfe des Löth-

rohrs, theils nach dem Wiederauflösen in Salpetersäure oder in der ursprünglichen der Untersuchung unterworfenen Auflösung auf folgende Weise: Bei Gegenwart von Goldoxyd zeigt sich bei dem Zusatz einer durch Chlorwasserstoffsäure klar gemachten Auflösung von Zinnchlorür eine purpurrothe Färbung, oder man entdeckt es dadurch, daß bei Hinzufügung einer Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul oder von schwefeliger Säure ein rothbraunes Pulver von metallischem Golde gefällt wird. Das Zinnoxydul bewirkt gewöhnlich in der concentrirten Auflösung bei dem Verdünnen mit vielem Wasser eine milchige Trübung; das Hauptreagens auf Zinnoxydul ist jedoch eine verdünnte Goldlösung, die eine purpurrothe Färbung erzeugt. Zinnoxyd und Antimonoxyd erkennt man vor dem Löthrohr oder daran, daß die chlorwasserstoffsaure Auflösung des Antimons durch Hinzufügen von vielem Wasser milchig wird; ist nur eins von beiden Oxyden zugegen, so erkennt man jedes derselben an der Farbe ihrer Schwefelverbindungen, indem das Schwefelantimon eine dunkelpomeranzengelbe Farbe darbietet, während das Schwefelzinn weit heller, nämlich citronengelb, gefärbt ist. Bei Gegenwart des Platins erhält man, bei hinreichender Concentration, mit einer concentrirten Lösung von Chlorkalium oder Salmiak einen gelben Niederschlag, namentlich nach Hinzufügung von Alkohol. Arsenik erkennt man am besten vor dem Löthrohr durch Reduction desselben in einer kleinen, an dem einen Ende zugeschmolzenen Glasröhre (s. d. Art. Löthrohr).

b) Der nach der Behandlung mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak gebliebene Rückstand kann enthalten: Quecksilber, Kupfer, Blei, Wismuth, Cadmium; auch noch Iridium, Osmium, Rhodium und Palladium, zuweilen selbst Gold, Platin und etwas Zinn. Man digerirt diese Schwefelmetalle zuerst mit Salpetersäure, wodurch man Quecksilber (oft nicht vollständig), Kupfer, Blei, Wismuth und Cadmium aufgelöst erhält; die edlen Metalle, wie Gold und Platin, wenn sie noch vorhanden sind, bleiben ungelöst zurück; sie werden auf einem Filtrum gesammelt, mit diesem verbrannt und können nach dem Wiederauflösen in Königswasser durch Reagentien erkannt werden. Das Kupfer giebt sich leicht durch den braunen Niederschlag mit Cyaneisenkalium und durch die blaue Färbung nach Zusatz von Ammoniak zu erkennen. Blei entdeckt man mit Schwefelsäure, mit welcher es eine unlösliche Verbindung bildet. Quecksilber erkennt man in der Sublimation desselben im regulinischen Zustande, wenn man die Auflösung eintrocknet und den Rückstand mit Kalk gemengt erhitzt. Von der Gegenwart des Wismuths, Zinns und Cadmiums überzeugt man sich am leichtesten durch die Prüfung ihres Verhaltens vor dem Löthrohr bei der Reduction mittelst des kohlensauren Natrons; von der des Wismuths außerdem noch, wenn man einen Theil der Flüssigkeit eindampft, bis der größte Theil der Salpetersäure entfernt ist, darauf ein wenig Chlorwasserstoffsäure und viel Wasser hinzusetzt, wodurch eine milchige Trübung entstehen wird.

3) Die von den mittelst Schwefelwasserstoff aus der sauren Auflösung gefällten Schwefelmetallen abfiltrirte Flüssigkeit wird mit Ammoniak gesättigt und sodann mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak versetzt. Hierdurch werden als Schwefelmetalle gefällt: Eisen, Mangan, Zink, Kobalt, Nickel und Uran und als Oxyde die Erden: Thonerde, Beryllerde, Thorerde, Yttererde, Ceroxydul, Zirconerde, Titansäure, Chromoxyd und Tantalsäure. Man kann die Ausscheidung dieser Erden, welche nur durch die Gegenwart des freien Ammoniaks bewirkt

wird, verhindern, wenn man zu der Auflösung vor dem Behandeln mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak Weinsteinsäure hinzufügt, wodurch jene Erden in der Lösung zurückgehalten werden, die Schwefelmetalle jedoch als solche niederfallen. Man muß jedoch möglichst wenig Weinsteinsäure anwenden, weil sonst die Gegenwart derselben den Gang der Analyse complicirt machen würde.

a) Man filtrirt die Schwefelmetalle ab, süßt sie mit destillirtem Wasser, das etwas Schwefelwasserstoff-Ammoniak enthält, aus, untersucht den Rückstand vor dem Löthrohr, oder löst ihn in verdünnter Chlorwasserstoffsäure auf, mit welcher man denselben so lange digerirt, bis die Auflösung nicht mehr nach Schwefelwasserstoff riecht; wird der Niederschlag nicht vollständig aufgelöst, so muß man noch etwas Salpetersäure hinzufügen und digeriren. Bei Gegenwart von Nickeloxyd ist die Flüssigkeit blau gefärbt, und es entsteht durch Kali ein apfelgrüner Niederschlag; Kobaltoxyd giebt sich schon durch eine rosenrothe Färbung der Lösung zu erkennen und läßt sich außerdem, ebenso wie Mangan und Zink, mit der größten Leichtigkeit durch sein Verhalten vor dem Löthrohr entdecken. Eisen erkennt man in der kleinsten Quantität durch die mittelst Cyaneisenkalium entstehende blaue Färbung und Fällung.

b) Die mit Weinsteinsäure versetzte Auflösung enthält nun noch Thonerde, Titansäure, Chromsäure, Beryllerde ꝛc. Man muß zunächst die Weinsäure durch Eindampfen und Glühen vertreiben. Der Rückstand wird mit Chlorwasserstoffsäure behandelt und die Auflösung durch Ammoniak gefällt, dieser Niederschlag dann mit kaustischem Kali digerirt, welches die Thonerde und Beryllerde auflöst, der Rückstand in Schwefelsäure aufgelöst und durch Zusatz von schwefelsaurem Kali Ceroxyd, Zirconerde, Thorerde, Titansäure gefällt, während die Yttererde in der Lösung zurückbleibt.

c) Da die Weinsteinsäure durch Eindampfen der Flüssigkeit und Glühen des Rückstandes mancherlei Umstände erfordert, so pflegt man gewöhnlich den Zusatz derselben zu vermeiden und den ganzen mittelst Ammoniak und Schwefelwasserstoff-Ammoniak hervorgebrachten Niederschlag in Chlorwasserstoffsäure wieder aufzulösen, wobei die Titansäure und Tantalsäure gewöhnlich ungelöst zurückbleiben. Die saure Auflösung wird mit Ammoniak versetzt, wodurch alle Oxyde, die nach der Formel R^2O^3 zusammengesetzt sind, niederfallen, während Kobaltoxyd, Mangan, Nickel und Zink in der Lösung zurückbleiben; wird nun der entstandene Niederschlag mit einer kaustischen Kalilösung gekocht, so nimmt diese aus demselben die Thonerde und Beryllerde auf, und von dem Rückstande lösen sich, nachdem man das Kali durch Auswaschen entfernt hat, mittelst des kohlensauren Ammoniaks Ceroxyd, Uranoxyd, Yttererde und Zirconerde auf, während das Chromoxyd und Eisenoxyd allein ungelöst zurückbleiben.

4) In der durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak gefällten Flüssigkeit können endlich noch die alkalischen Erden: Kalk, Baryt, Strontian und Talkerde und die Alkalien: Natron, Kali und Lithion enthalten sein, von deren Gegenwart oder Abwesenheit man sich leicht durch folgende Versuche überzeugen kann. Man setzt zunächst zu der Flüssigkeit einen Ueberschuß von Chlorwasserstoffsäure und erwärmt so lange, bis der Geruch nach Schwefelwasserstoff vollständig verschwunden ist; gewöhnlich hat fein zertheilter Schwefel sich ausgeschieden, den man abfiltrirt. Man kann nun die Flüssigkeit mit Ammoniak nahe sättigen und sodann durch kohlensaures Ammoniak die Kalkerde, Baryterde und Strontianerde fällen. Den Nieder-

schlag löst man in Chlorwasserstoffsäure wieder auf, fügt verdünnte Schwefelsäure in einem kleinen Ueberschuß hinzu, filtrirt, sättigt mit Ammoniak und erkennt durch den mit Oxalsäure oder einem oxalsauren Salze bewirkten Niederschlag die Gegenwart der Kalkerde. Zu einem andern Theile der chlorwasserstoffsauren Auflösung des ersten Niederschlages wird Kieselfluorwasserstoffsäure gesetzt, welche bei Gegenwart von Baryterde nach einiger Zeit einen Niederschlag hervorbringt; dieser wird abfiltrirt und die Lösung mit einer Auflösung von schwefelsaurem Kali versetzt, wodurch die Gegenwart von Strontianerde oder Kalkerde angedeutet wird, wenn eine Fällung entsteht. Auch kann man die chlorwasserstoffsaure Lösung mit einer Auflösung von schwefelsaurer Kalkerde prüfen; entsteht sogleich ein Niederschlag, so ist auf die wahrscheinliche Gegenwart von Baryterde zu schließen, entsteht er erst nach längerer Zeit, auf die der Strontianerde.

5) Sind in der Flüssigkeit, welche von dem mit kohlensaurem Ammoniak entstandenen Niederschlage abfiltrirt wurde, noch feuerbeständige Substanzen vorhanden, welches man beim Abdampfen einiger Tropfen auf Platinblech erfährt, so können diese nur Talkerde oder Kali, Natron und Lithion sein. Setzt man zu einem Theile der Flüssigkeit phosphorsaures Natron und entsteht dadurch nach einiger Zeit ein weißer Niederschlag, so ist Talkerde in der Auflösung vorhanden. Zur Auffindung der Alkalien nimmt man einen andern Theil der Flüssigkeit und dampft diese, wenn an Säuren nur Chlorwasserstoffsäure oder Salpetersäure vorhanden sind und namentlich keine Schwefelsäure sich vorfindet, zur Trockne ein, glüht den Rückstand, befeuchtet ihn wieder, legt ein Stückchen kohlensaures Ammoniak darauf und glüht abermals, wodurch, nach mehrmaliger Wiederholung dieser Operation, das Chlormagnesium zersetzt wird und bei Behandlung mit Wasser von diesem nur Chloralkalien aufgenommen werden. Diese Auflösung wird nun nach Hinzufügung von Alkohol mit Platinchlorid versetzt; entsteht nach einiger Zeit ein Niederschlag, so ist dies ein Beweis von der Gegenwart des Kali's; noch sicherer verfährt man, wenn man die mit Platinchloridlösung vermischte Flüssigkeit behutsam im Wasserbade eindampft und den Rückstand mit Alkohol behandelt. Entsteht durch Platinchlorid kein Niederschlag, so muß Natron in der Flüssigkeit zugegen sein; um dieses, wenn es mit dem Kali zusammen vorkommt, zu entdecken, braucht man nur eine kleine Menge des geglühten Rückstandes vor dem Löthrohr zu prüfen, indem die Flamme, selbst bei Gegenwart einer überwiegenden Menge von Kali, durch das Natron stark gelb gefärbt erscheint. Ist jedoch in der Flüssigkeit, die auf Alkalien geprüft werden soll, Schwefelsäure enthalten, so muß man zur Auffindung derselben ein etwas umständlicheres Verfahren anwenden, welches weiter unten bei der Beschreibung der quantitativen Analyse des Feldspaths mitgetheilt werden soll.

B) Auffindung der Säuren. Hinsichtlich der Erkennung und Bestimmung der Kieselsäure verweisen wir auf das schon oben Gesagte; die Methoden zur Auffindung der Metallsäuren, namentlich der Säuren des Arseniks, Antimons, der Selensäure, Titansäure, Chromsäure, Mangansäure, sind gleichfalls schon mitgetheilt worden, da der zur Entdeckung der Basen einzuschlagende Gang der Analyse zugleich die Gegenwart oder Abwesenheit dieser Säuren nachweist. Wird eine feste Substanz von Chlorwasserstoffsäure mit Brausen aufgelöst oder entsteht ein solches, wenn man die Säure zu einer concentrirten Auflösung hinzusetzt, so deutet dies auf die Gegenwart von Kohlensäure oder von Schwefel; der letztere giebt sich leicht durch den Geruch des entweichenden Schwe-

felwasserstoffgases oder durch sein Verhalten gegen eine Blei- oder Kupferlösung zu erkennen. Um sich von der Gegenwart anderer Säuren zu überzeugen, neutralisirt man die Auflösung mit Ammoniak und setzt dann eine Chlorbariumlösung hinzu; hierdurch werden gefällt: die Schwefelsäure, Phosphorsäure, Borsäure und auch die Kohlensäure, wenn diese noch vorhanden ist. Durch dasselbe Reagens werden auch die oben genannten Metallsäuren niedergeschlagen, jedoch wird auf deren Vorhandensein hier, wie erwähnt, keine Rücksicht genommen. Löst sich der Niederschlag in Chlorwasserstoffsäure oder Salpetersäure wieder vollständig auf, so ist dies ein Beweis, daß keine Schwefelsäure vorhanden ist, weil der schwefelsaure Baryt in Säuren unlöslich ist. Die Gegenwart der Borsäure erkennt man an der grünlichen Flamme des Alkohols, wenn man zu der Verbindung Schwefelsäure und Alkohol setzt und diesen anzündet. Die Phosphorsäure kann man auf die Weise entdecken, daß man einen Theil des feuchten Barytniederschlages mit Kalium in Berührung bringt, indem dann die Gegenwart jener Säure durch die Entwicklung von Phosphorwasserstoffgas sich zu erkennen giebt. Hat man sich von der Abwesenheit der Borsäure und der Arseniksäure überzeugt, so wird die Phosphorsäure auch dadurch nachgewiesen, daß Chlorbarium oder Chlorkalium einen Niederschlag erzeugt, der bei Zusatz von Chlorwasserstoffsäure oder Salpetersäure verschwindet und bei der Sättigung mit Ammoniak wieder zum Vorschein kommt. Auch läßt sich die Phosphorsäure in ihren neutralen alkalischen Verbindungen durch den gelben Niederschlag erkennen, den sie mit salpetersaurem Silberoxyd erzeugen, wenn sie nicht eben vor ihrer Auflösung geglüht worden waren. Wie die Phosphorsäure vor dem Löthrohr zu erkennen ist, findet man in dem betreffenden Artikel beschrieben. Durch die Auflösung des Chlorbariums oder der salpetersauren Baryterde werden nur die Chlorwasserstoffsäure und die Salpetersäure nicht gefällt; die erstere dieser Säuren entdeckt man mit Leichtigkeit durch den käsigen, in verdünnter Salpetersäure unlöslichen, aber in Ammoniak löslichen Niederschlag, welchen salpetersaures Silberoxyd in der Auflösung der diese Säure enthaltenden Substanz hervorbringt. Die Gegenwart der Salpetersäure bemerkt man, wenn die Verbindung im festen Zustande auf glühende Kohlen geworfen ein lebhaftes Verpuffen erzeugt; ferner erkennt man dieselbe durch ihr Verhalten gegen Indigolösung, welche nach Zusatz von etwas Schwefelsäure beim Kochen durch die Salpetersäure entfärbt wird. Die Chlorsäure entwickelt in ihren Verbindungen in der Hitze Sauerstoffgas und es bleibt ein einfaches Chlormetall zurück, in welchem das Chlor durch die Silberlösung mit Leichtigkeit nachgewiesen werden kann.

III. Beispiele von quantitativen Analysen.

1) Analyse des Feldspaths. a) Aufschließen durch Zusammenschmelzen mit kohlensaurem Natron; Auflösen in Chlorwasserstoffsäure; Abdampfen der Lösung bis zur Trockenheit; Abscheidung der Kieselsäure (s. oben). Die Flüssigkeit wird nun mit kaustischem Ammoniak versetzt, wodurch Thonerde und etwas Eisenoxyd gefällt werden, welche mittelst einer Kalilösung wieder getrennt werden können; die Thonerde wird aus ihrer Auflösung in kaustischem Kali mittelst Salmiak gefällt, abfiltrirt, ausgewaschen, nochmals in Chlorwasserstoffsäure gelöst und mit Ammoniak wiederum niedergeschlagen. Das von der Kalilösung zurückgelassene Eisenoxyd wird ebenfalls in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst und

mit Ammoniak wieder gefällt; ist dasselbe etwa mit etwas Manganoxyd gemengt und soll auch dieses quantitativ bestimmt werden, so muß man die chlorwasserstoffsaure Auflösung beider Oxyde mit Ammoniak genau neutralisiren, bis eine Fällung zu entstehen anfängt, und dann eine Auflösung von bernsteinsaurem Ammoniak hinzusetzen, wodurch das Eisenoxyd in Verbindung mit der Bernsteinsäure gefällt wird und das Manganoxyd in der Auflösung bleibt, aus welcher man es durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak als Schwefelmetall erhält, das beim Glühen in Manganoxydoxydul sich verwandelt und als solches dem Gewichte nach bestimmt wird. Ist in dem zu untersuchenden Mineral auch Kalkerde vorhanden, wie es bei einigen Feldspathen der Fall ist, so muß man die erste Auflösung nach dem Zusatz des Ammoniaks so schnell als möglich filtriren und den Zutritt der Luft sorgfältig abhalten, indem sonst Kohlensäure aus der Luft durch die ammoniakalische Flüssigkeit angezogen wird und die gleichzeitige Fällung des kohlensauren Kalkes die Menge der Thonerde vermehren würde; hat man jedoch diese Vorsichtsmaßregeln beobachtet, so setzt man zu der abfiltrirten Flüssigkeit Oxalsäure oder ein oxalsaures Salz, wodurch die Kalkerde vollständig gefällt wird; der Niederschlag wird geglüht und entweder als kohlensaure oder als schwefelsaure Kalkerde auf die Wagschale gebracht. Enthält die Mineralsubstanz auch Talkerde, so muß diese in der von der Kalkerde abfiltrirten Lösung bestimmt werden, indem die Talkerde bei Gegenwart einer hinreichenden Menge von Chlorwasserstoff-Ammoniak durch Ammoniak und Oxalsäure aus einer Auflösung nicht gefällt wird. Man setzt deswegen zu der ammoniakalischen Auflösung phosphorsaures Natron, wodurch man nach einiger Zeit einen krystallinischen weißen Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Talkerde erhält, der in einer Auflösung von phosphorsauren Salzen völlig unlöslich ist, jedoch von reinem Wasser nach und nach wieder aufgelöst wird, weswegen man mit dem Auswaschen nicht zu lange fortfahren darf, indem dadurch ein Verlust entstehen würde, der durch eine in der durchgelaufenen Flüssigkeit eintretende Trübung schon angedeutet wird.

b) Aufschließen des gepulverten und geschlämmten Minerals mit kohlensaurer Baryterde. Auflösung in Chlorwasserstoffsäure, Abdampfen bis zur Trockenheit, Befeuchten mit Chlorwasserstoffsäure, Behandlung mit Wasser, Abfiltriren und Auswaschen der Kieselerde. Die Flüssigkeit wird zur Abscheidung der Baryterde mit einem kleinen Ueberschuß von verdünnter Schwefelsäure versetzt; die Fällung geschieht am besten, nachdem man die Flüssigkeit fast bis zum Kochen erhitzt hat, indem nur dann die gebildete schwefelsaure Baryterde sich leicht und schnell ausscheidet. Die abfiltrirte Lösung wird dann zur Abscheidung der Thonerde, des Eisenoxyds und der Kalkerde ebenso wie oben behandelt, so daß die Flüssigkeit zuletzt nur noch Talkerde, Kali und Natron und außerdem noch chlorwasserstoffsaures und etwas schwefelsaures Ammoniak enthält; die Ammoniaksalze müssen nun zunächst durch Eindampfen der Flüssigkeit und Glühen des Rückstandes in einer kleinen Platinschale vollständig ausgetrieben werden; man muß hierbei mit vieler Vorsicht verfahren, weil das schwefelsaure Ammoniak vor der Verflüchtigung schmilzt und durch Spritzen leicht einen Verlust an feuerbeständigem Rückstand hervorbringt. Den Rückstand der schwefelsauren Salze kann man zur Controle ihrem Gewichte nach bestimmen; er wird dann in Wasser aufgelöst und zu der Flüssigkeit eine Auflösung von essigsaurer Baryterde hinzugesetzt; man erhitzt das Ganze und filtrirt die schwefelsaure Baryterde ab, deren Gewicht man ebenfalls

bestimmen kann. Die Flüssigkeit wird dann wieder eingedampft und der Rückstand in einer Platinschale geglüht, wodurch die essigsauren Salze in kohlensaure verwandelt werden, von denen Wasser nur die kohlensauren Alkalien aufnimmt und die kohlensaure Baryterde und Talkerde zurückläßt. Das Aussüßen mit heißem Wasser darf nicht zu lange fortgesetzt werden, weil sonst eine größere oder kleinere Menge der kohlensauren Verbindungen der alkalischen Erden ebenfalls aufgelöst wird. Die Auflösung wird mit etwas Chlorwasserstoffsäure versetzt, eingedampft und die zurückbleibenden Chloralkalien dem Gewichte nach bestimmt; die Menge des Kali's findet man nach der oben mitgetheilten Methode durch Platinchlorid und das Natron wird dann aus dem Verluste bestimmt oder direct durch Wägung des Rückstandes, nachdem man das überschüssige Platinchlorid durch Reducirung desselben zu Platin ausgeschieden hat.

Wird das Mineral zur Bestimmung der Alkalien durch Fluorwasserstoffsäure statt mit kohlensaurem Baryt aufgeschlossen, so wird hierdurch der Gang der analytischen Methode nicht im Mindesten geändert. In beiden Fällen, namentlich bei der Behandlung mit kohlensaurem Baryt, kann man jedoch, wenn man nur auf die Alkalien seine Aufmerksamkeit richtet, die Flüssigkeit gleichzeitig mit kohlensaurem Ammoniak und Schwefelwasserstoff-Ammoniak versetzen, wodurch man Kalk, Baryt, Eisen, Mangan und Thonerde niederschlägt, während die Spuren von Kalk und Baryt, welche noch in der Auflösung bleiben, mittelst oxalsauren Ammoniaks vollständig ausgeschieden werden; fällt man nun noch die Talkerde mit einer Lösung von Schwefelbarium, scheidet den Baryt durch Zusatz von Schwefelsäure aus, dampft die Flüssigkeit ein und glüht den Rückstand, so besteht dieser aus neutralem schwefelsaurem Alkali.

2) Gemeines Fahlerz. Bestandtheile desselben sind Schwefel, Kupfer, Antimon, nebst einer geringen Menge Arsenik, Silber, Eisen und Zink. Eine bestimmte Quantität des möglichst fein pulverisirten Minerals wird mit starker rauchender Salpetersäure in einem Kolben digerirt, bis Alles oxydirt ist, dann, um das Antimonoxyd vollständig aufzulösen, Chlorwasserstoffsäure hinzugefügt und das auf diese Weise ausgeschiedene Chlorsilber abfiltrirt und gewogen; die saure Flüssigkeit kann man nun mit Schwefelwasserstoffgas behandeln, durch welches das Kupfer, Antimon und Arsenik in Verbindung mit Schwefel gefällt werden. Die beiden letztern Schwefelmetalle lassen sich durch Digeriren des Niederschlages mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak von dem Schwefelkupfer abscheiden, welches in rauchender Salpetersäure aufgelöst und aus der Auflösung, nach der Verdünnung mit Wasser, durch kaustisches Kali wiederum gefällt wird; es schlägt sich zuerst eine Verbindung von Kupferoxydhydrat mit Kali nieder, die jedoch durch Kochen in der Flüssigkeit Wasser und Kali wieder verliert, als reines schwarzes Kupferoxyd niederfällt und als solches abfiltrirt, ausgewaschen und gewogen werden kann. Ist in dem Erze auch Blei enthalten oder, was häufig der Fall ist, solches durch Verunreinigung des Fahlerzes mit Bleiglanz vorhanden, so bleibt das Schwefelblei bei dem Schwefelkupfer nach der Behandlung mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak zurück und kann aus der Auflösung jenes Rückstandes in Salpetersäure, nach Zusatz von Schwefelsäure, Eindampfen der Flüssigkeit bis zur Trockenheit, Erhitzen des Rückstandes, bis die überschüssige Schwefelsäure verjagt ist, und Behandlung und Auswaschen mit Wasser als schwefelsaures Bleioxyd von dem Kupferoxyd abgeschieden und seiner Menge nach bestimmt werden. — Die Auflösung des An-

timons und Arseniks in Schwefelwasserstoff-Ammoniak wird mit Chlorwasserstoffsäure versetzt, bis die ganze Menge des Schwefelarseniks und Schwefelantimons gefällt worden ist. Die Trennung dieser beiden Metalle ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Doch kann man mit Vortheil die folgende Methode anwenden: Man bestimmt die Gesammtmenge des Schwefelantimons und Schwefelarseniks, löst eine gewogene Quantität in Königswasser auf, filtrirt, wenn hierbei etwas Schwefel sich ausgeschieden hat, diesen ab und bestimmt dessen Gewicht; die klare Lösung wird mit Weinsteinsäure versetzt, welches das Milchigwerden bei Verdünnung mit Wasser verhindert, darauf eine Chlorbariumlösung hinzugefügt und das Ganze erwärmt, damit der schwefelsaure Baryt sich besser ausscheiden kann, welcher gesammelt und gewogen wird; man erfährt also auf diese Weise die Menge des in dem Schwefelantimon und Schwefelarsenik enthaltenen Schwefels. Es wird nun ferner ein anderer Theil des Gemenges beider Schwefelmetalle in eine Glaskugel gebracht, an welche an beiden Seiten Glasröhren angeschmolzen sind, gewogen und, indem man einen Strom von reinem Wasserstoffgas hindurchleitet, die Glaskugel nach und nach bis zum Glühen erhitzt, wodurch zuerst der Schwefel vollständig entfernt und sodann bei stärkerer Hitze auch das reducirte Arsenik verflüchtigt wird, während das Antimon, wenn die Hitze nicht gar zu stark gewesen ist, für sich allein in der Glaskugel zurückbleibt und dem Gewichte nach bestimmt werden kann. Da man also auf diese Art den Antimongehalt erfährt und durch den ersten Versuch die Menge des Schwefels gefunden hat, so muß der Verlust die Quantität des in jenem Gemenge enthaltenen Arseniks geben.

Die saure Flüssigkeit, welche zuerst von den durch Schwefelwasserstoff gefällten Schwefelmetallen abfiltrirt wurde, enthält nun noch Eisen und oft auch etwas Zink. Man sättigt die Flüssigkeit mit Ammoniak, fällt beide Metalle durch Schwefelwasserstoff-Ammoniak, sammelt den Niederschlag auf einem Filtrum und löst ihn in Chlorwasserstoffsäure wieder auf. Da die Menge des Eisens sowohl als des Zinks in den Fahlerzen gewöhnlich gering ist, so kann man in diesem Falle aus der sauren Lösung das Eisenoxyd mit Ammoniak fällen, indem das Zinkoxyd in der ammoniakalischen Flüssigkeit gelöst bleibt. Sind jedoch die Mengen beider Oxyde ziemlich bedeutend, so giebt die angeführte Methode kein genaues Resultat; man muß dann das Eisenoxyd durch bernsteinsaures Ammoniak fällen, die abfiltrirte Flüssigkeit bis zur Zerstörung der ammoniakalischen Salze mit kohlensaurem Natron oder Kali versetzen, rasch bis zur Trockenheit eindampfen und den Rückstand mit heißem Wasser behandeln, wobei das kohlensaure Zinkoxyd ungelöst zurückbleibt. Ein anderes sehr wohl anwendbares Mittel zur quantitativen Scheidung beider Oxyde bietet die kohlensaure Baryterde dar, welche in der Kälte nach und nach das Eisenoxyd vollständig fällt, während das Zinkoxyd gelöst bleibt. Endlich kann man ebenfalls diese Oxyde trennen, wenn man zu der chlorwasserstoffsauren Lösung derselben Essigsäure zusetzt und das Zink dann durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelzink niederschlägt. Jedoch sind bei der letzteren Methode noch einige Vorsichtsmaßregeln anzuwenden, die indeß hier unerwähnt bleiben können.

IV. Die organische Elementaranalyse

hat den Zweck, die Beschaffenheit und Menge der Elemente zu bestimmen, welche in den organischen, in der Natur fertig gebildeten Körpern oder in deren durch Kunst hervorgebrachten Zersetzungs- und Umwandlungsproducten enthalten sind, sowie auch die Anzahl

der Atome jedes Grundstoffes kennen zu lehren, welche zur Bildung einer bestimmten, der Untersuchung unterworfenen Verbindung zusammengetreten sind. Die fast in jeder organischen Substanz enthaltenen Elemente sind: Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff; häufig tritt zu diesen noch Stickstoff hinzu, seltener Phosphor und Schwefel; in den künstlich erzeugten Verbindungen außerdem noch Chlor, Brom, Jod und andere Stoffe. Die zuletzt genannten Elemente, wie Phosphor, Schwefel ꝛc. werden nach Zerstörung der organischen Substanz und nach Behandlung mit oxydirenden Mitteln gewöhnlich nach denselben Methoden, wie bei Untersuchungen anorganischer Körper bestimmt, und nur die Ausmittelung der in einer Verbindung enthaltenen Quantität an Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff erfordert eine eigenthümliche Operation, die man mit dem Namen einer Elementaranalyse bezeichnet und deren Grundprincipien im Folgenden kurz mitgetheilt werden sollen.

Die organische Substanz wird nach dem sorgfältigen Trocknen mit einem Körper innig gemengt, der mit Leichtigkeit in einen vollkommen trocknen Zustand gebracht werden kann und zugleich die Fähigkeit besitzt, beim Glühen Sauerstoff an die organische Substanz abzugeben, welche dadurch vollkommen oxydirt und in Kohlensäure und reines Wasser verwandelt wird, während der Stickstoff, wenn derselbe in der untersuchten Verbindung enthalten war, im freien gasförmigen Zustande entweicht und zur quantitativen Bestimmung für sich aufgefangen werden muß. Als oxydirende Substanz wendet man in der Regel reines, entweder durch Zersetzung des salpetersauren Kupferoxyds oder durch schnelles Ablöschen von glühendem Kupferblech erhaltenes, gut pulverisirtes und geschlämmtes Kupferoxyd an; nur bei sehr kohlenstoffhaltigen Körpern und bei solchen, die Schwefel, Brom oder Chlor enthalten, nimmt man statt des Kupferoxyds chromsaures Bleioxyd oder ein Gemenge von Kupferoxyd und Bleioxyd (weil namentlich bei den Chlorverbindungen das gebildete Kupferchlorür, welches in hoher Temperatur flüchtig ist, das Gewicht des Wassers in der Chlorcalciumröhre vermehren und so ein ungenaues Resultat bewirken würde); bei der Analyse arsenikhaltiger Substanzen hat Bunsen sich des Nickeloxyds bedient. Das auf die angeführte Weise gebildete Wasser wird von geschmolzenem Chlorcalcium aufgenommen, während man die Kohlensäure durch eine concentrirte Lösung von kaustischem Kali absorbirt werden läßt, und aus der gefundenen Quantität beider berechnet man mit Leichtigkeit die Menge des in der analysirten Substanz enthaltenen Wasserstoffs und Kohlenstoffs. Beträgt die Menge dieser beiden Elemente zusammen genommen so viel, als die ganze zur Analyse verwandte Quantität, oder fehlen an der letztern nur 0,5 bis 1 Proc., so kann man gewöhnlich überzeugt sein, daß der untersuchte Körper frei von Sauerstoff ist; die Quantität des letztern wird immer aus dem Verluste bestimmt, indem man, wenn auch Stickstoff vorhanden war, zur Auffindung der Quantität desselben einen besondern Versuch anstellen muß.

Zur Prüfung einer organischen Substanz auf die in ihr enthaltene Quantität an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bedient man sich des folgenden Apparates. Es wird eine reichlich zwei Fuß lange und etwa 0,4 Zoll im Durchmesser haltende Röhre von gutem schwer schmelzbarem Glase genommen, diese von allem Staube und aller Feuchtigkeit vollständig gereinigt, dieselbe mit frisch ausgeglühtem, noch heißem Kupferoxyd etwa bis zur Hälfte gefüllt, nachdem man an das Vorderende der Röhre einen Pfropfen von zusammengewickelten Kupferdreh-

spähnen gebracht hat; sodann wird, wenn das Kupferoxyd unter Abhaltung der Feuchtigkeit der Luft hinlänglich erkaltet ist, die auf einen bestimmten Grad der Trockenheit gebrachte organische Substanz, wenn sie fest ist, im pulverförmigen Zustande in die Röhre auf das Kupferoxyd geschüttet und mit diesem möglichst innig gemengt, so daß jedoch die organische Substanz nicht bis in das vordere Viertel der Verbrennungsröhre gelangt; ist der zu untersuchende Körper flüssig, so wird eine bestimmte Quantität desselben in einer kleinen, sogenannten Mitscherlich'schen, Glasröhre abgewogen, die Röhre hineingeschoben, so daß sie auf dem Kupferoxyd zu liegen kommt, und die dünne Glasröhre nachher nach der Zusammensetzung des ganzen Apparates durch gelindes Erhitzen der Verbrennungsröhre gesprengt, wodurch die Flüssigkeit auf das Kupferoxyd fließt und in demselben sich vertheilt. Nachdem man die zu analysirende organische Substanz zu dem Kupferoxyd in die Röhre hineingebracht hat, schüttet man noch in den hintern Theil derselben eine gewisse Quantität von reinem Kupferoxyd, so daß hinten noch ein leerer Raum von etwa 2 bis 3 Zoll bleibt. Vorn wird die Röhre mittelst eines nach innen zu mit Blei überzogenen Korkes luftdicht mit einer Chlorcalciumröhre verbunden, an welcher nach der Verbrennungsröhre hin zuerst eine kleine Glaskugel angeblasen ist, wo das sich bildende Wasser sich größtentheils schon condensirt und hinsichlich seiner Reinheit geprüft werden kann. Vorn wird die Chlorcalciumröhre durch eine Kautschukröhre mit dem sogenannten Liebig'schen Kaliapparate verbunden, welcher aus fünf Glaskugeln besteht, die in der Form eines Dreiecks mittelst der sie verbindenden kleinen Glasröhren zusammengebogen und zur Absorption der sich entwickelnden Kohlensäure mit kaustischer Kalilösung zum Theil gefüllt worden sind; durch Wägen beider Apparate vor und nach dem Versuche erhält man die Menge der Kohlensäure und des Wassers und daraus die des Kohlenstoffs und Wasserstoffs. Endlich pflegt man noch vorn an den Kaliapparat eine kleine, mit geschmolzenem und zu grobem Pulver zerstoßenem Kali angefüllte Glasröhre anzufügen, die bei einer guten Führung der Verbrennung höchstens nur 3 bis 5 Millogramme an Gewicht zunehmen darf. Den beschriebenen Apparat setzt man an seinem hintern Ende mit zwei Gasometern in Verbindung, von denen der eine atmosphärische Luft, der andere Sauerstoffgas enthält, aus denen man durch Hähne nach Belieben entweder die eine oder die andere Luft durch den Apparat leiten kann. Das Feuerungsmaterial besteht aus glühenden Kohlen, zu welchem Zwecke man die Verbrennungsröhre, die man mit zwei eng an dieselbe anschließenden eisernen Rinnen umgeben kann, in den sogenannten Liebig'schen Verbrennungsofen legt, einen eisernen Kasten, der unten mit einem Roste versehen ist und den man, um ihm Zug zu geben, auf einen Untersatz von Backsteinen stellt, während man, je nachdem es erforderlich ist, die glühenden Kohlen mit einem Fächer oder auf andere Weise anfacht und die Hitze auf diese Weise zu vermehren im Stande ist. Diese Art der Verbrennung findet besonders bei schwer verbrennenden Substanzen und namentlich bei Stickstoffbestimmungen Anwendung. In den meisten Fällen kann man jedoch auch Spiritus als Brennmaterial benutzen und man bedient sich dann der zuerst von Heß beschriebenen und bei Elementaranalysen benutzten Lampe, die aus einer mit dem Spiritusbehälter in Verbindung stehenden Rinne aus Messing besteht, in welche man die einzelnen Dochte allmälig hineinstellt und auf diese Weise die Verbrennung bequem und mit großer Reinlichkeit leiten und mit Erzielung eines genauen Resultates zur Ausführung bringen kann.

Bei der Ausführung einer organischen Elementaranalyse, nachdem man die gewogene Substanz (c. 0,400 bis 0,600 Gr.) in die Verbrennungsröhre gebracht, die Chlorcalciumröhre, den Kaliapparat und die Kaliröhre genau gewogen und die einzelnen Theile des Apparates auf die angeführte Weise mit einander in Verbindung gesetzt hat, läßt man zuerst aus dem einen Gasometer etwas atmosphärische Luft in den Apparat hinein, durch welche die Kalilauge in dem Kaliapparat nach vorn zu in die Höhe und in die größere Kugel desselben hinein getrieben wird; wenn alle Theile luftdicht an einander anschließen, so wird die Kalilauge so stehen bleiben und selbst nach längerer Zeit nicht wieder ins Niveau zurücktreten. Ist dieses jedoch der Fall, so muß man die Verbindungen der einzelnen Theile untersuchen und den Apparat vor dem Beginn der Verbrennung erst absolut luftdicht machen. Ist dieses geschehen, so erhitzt man zuerst den vordern Theil der Verbrennungsröhre, soweit das Kupferoxyd oder chromsaure Bleioxyd noch von der zu analysirenden Substanz frei ist, bis zur Rothglühhitze, und dasselbe geschieht, namentlich bei Anwendung der Heß'schen Lampe, mit dem hintern Theile der Röhre; man geht dann nach und nach zu der Verbrennung der organischen Substanz selbst über, indem man mittelst des Stromes der atmosphärischen Luft die sich entwickelnden Gase und Dämpfe nach vorn in die Chlorcalciumröhre und in den Kaliapparat hineintreibt. Bei schwer verbrennlichen und sehr kohlenstoffreichen Substanzen bedient man sich während der ganzen Dauer der Verbrennung eines Stromes von Sauerstoffgas, welchen man auch bei andern Analysen wenigstens gegen Ende der Operation anwendet. Enthält der zu untersuchende Körper eine nicht unbeträchtliche Menge Stickstoff, so muß man in das vordere Ende der Verbrennungsröhre mehr reines metallisches Kupfer in der Form von in schmale Streifen zerschnittenem Blech hineinbringen, indem dieses die Entweichung des möglicher Weise sich bildenden Stickstoffoxyds als solches oder als salpetrige Säure verhindert, da das glühende metallische Kupfer den in demselben enthaltenen Sauerstoff absorbirt und nur den reinen Stickstoff sich entwickeln läßt. Nach Beendigung der Analyse, wenn nämlich von der Kalilauge keine der hineintretenden Luftblasen mehr absorbirt wird, entfernt man das Brennmaterial und läßt bis zum völligen Erkalten des Apparates atmosphärische Luft durch denselben hindurchgehen, worauf man endlich die Gewichtszunahme der Chlorcalciumröhre, des Kaliapparates und der Kaliröhre auf einer genauen Wage bestimmt.

Um die Menge des in einem organischen Körper enthaltenen **Stickstoffs** zu erfahren, muß man einen besondern Versuch anstellen, und man wendet hierbei namentlich zwei verschiedene Methoden an, von denen die eine die Quantität des Stickstoffs direct dem Volumen nach zu erkennen giebt, die andere dieselbe aus dem gefundenen und gewogenen Platinsalmiak berechnen läßt. Man bringt in das hintere zugeschmolzene Ende einer Verbrennungsröhre eine 3 bis 4 Zoll lange Schicht von doppelt kohlensaurem Natron oder kohlensaurem Bleioxyd, dann eine c. $1^1/_2$ Zoll lange Schicht von reinem Kupferoxyd, darauf ein Gemenge der Substanz (0,300 bis 0,600 Gr.) mit Kupferoxyd, sodann eine Schicht reines Kupferoxyd und dann eine 4 bis 5 Zoll lange Lage von Kupferdrehspähnen, und verbindet die Oeffnung der Röhre mit einem Gasleitungsrohr; zuerst erhitzt man das hinterste Ende der Verbrennungsröhre, um durch die aus einem Theile des doppeltkohlensauren Natrons oder kohlensauren Bleioxyds sich entwickelnde Kohlensäure die atmosphärische Luft vollständig aus dem Apparate auszutreiben. Sodann setzt

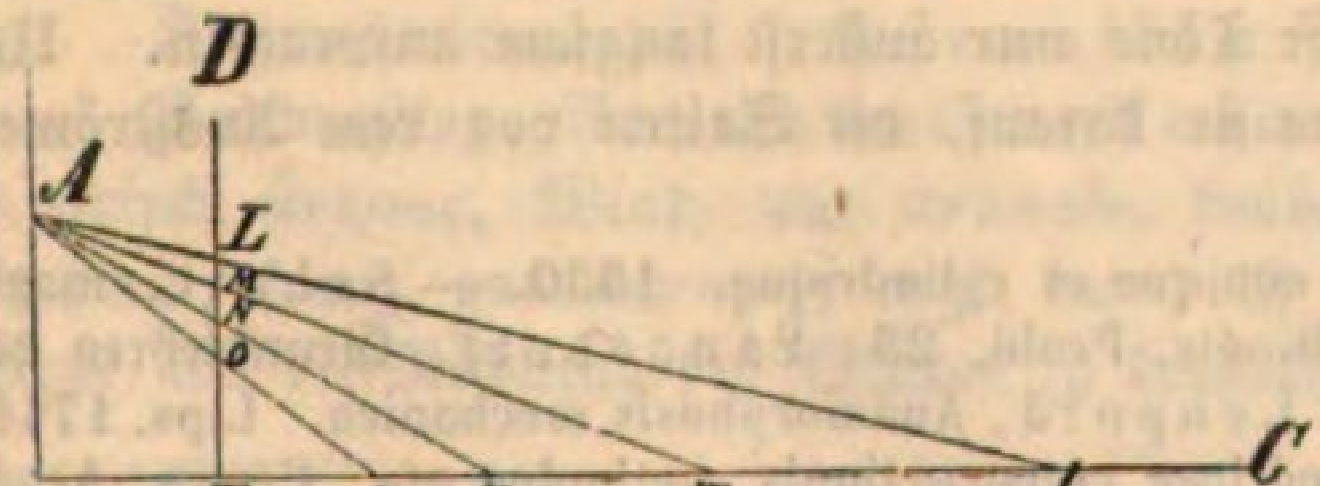
man die Gasleitungsröhre mit einem mit Quecksilber gefüllten graduirten Glascylinder in Verbindung, der wenigstens 200 Cubikcentimeter Inhalt hat und in welchen man etwa bis $^1/_3$ seines Inhalts starke Kalilauge gebracht hat, und schreitet mit der Verbrennung nach und nach vorwärts. Ist diese beendigt, so treibt man mittelst der wiederum durch Erhitzen des doppelt kohlensauren Natrons oder kohlensauren Bleioxyds sich entwickelnden Kohlensäure das noch im Apparate befindliche Gas vollständig in den Glascylinder hinein, in welchem man nun, wenn von dem Gase durch Schütteln mit der Kalilauge nichts mehr absorbirt wird, und nachdem derselbe in Wasser getaucht und dieses innerhalb und außerhalb des Cylinders ins Niveau gebracht ist, unter Berücksichtigung des Barometer- und Thermometerstandes das Volumen des Stickstoffs findet und aus diesem das Gewicht desselben berechnet.

Die von Will und Varrentrapp in Vorschlag gebrachte nnd jetzt fast allgemein angewandte Methode der Stickstoffbestimmung beruht auf dem Princip, daß beim Glühen eines stickstoffhaltigen Körpers mit einem Alkalihydrat das Hydratwasser des letztern zerlegt wird, indem dessen Sauerstoff mit dem Kohlenstoff der organischen Substanz zu Kohlensäure und der Wasserstoff mit dem Stickstoff derselben zu Ammoniak sich verbindet. Man mengt zu diesem Behufe die zu prüfende Substanz mit Natronkalk, bringt das Gemenge in eine Verbrennungsröhre und nimmt die Verbrennung, wegen der anzuwendenden größeren Hitze, in dem Liebig'schen Ofen vor; das sich bildende und verflüchtigende Ammoniak läßt man von Salzsäure absorbiren, setzt nach Beendigung der Operation zu der Flüssigkeit Platinchlorid, dampft bis zur Trockne im Wasserbade ein und behandelt den Rückstand mit Alkohol und Aether, wodurch der Platinsalmiak ungelöst zurückbleibt und dann gesammelt und dem Gewichte nach bestimmt werden kann.

Zur Erforschung der Anzahl der Atome, welche in eine organische Substanz eingehen, ist es nöthig, die Verbindungen derselben mit andern Körpern von bekanntem Atomgewichte einer Analyse zu unterwerfen oder die durch besondere Agentien hervorgebrachten Zersetzungsproducte derselben näher zu studiren, auf welche Einzelheiten hier näher einzugehen nicht der Ort ist. Bei flüchtigen organischen Körpern bietet die Bestimmung des specifischen Gewichtes ihres Dampfes (s. d. Art.) ein bequemes Mittel dar, die chemische Constitution derselben aufzuklären.

E. W.

Anamorphose (v. d. griech. *ἀναμόρφωσις*, Umbildung) ist die Umgestaltung, welche für das betrachtende Auge Bilder erhalten, wenn sie unter besonderen Bedingungen gesehen werden. Solche Anamorphosen sind entweder optische oder katoptrische oder dioptrische. Die optischen Anamorphosen werden hervorgebracht durch den Standpunkt, von welchem aus Bilder gesehen werden. Gesetzt, das Auge des Beobachters stehe in A und in B D sei vor demselben ein Bild aufgestellt; zieht man nun von A durch alle Punkte des Bildes B D gerade Linien und verlängert dieselben, bis sie B C schneiden, so wird dem Auge in A ein Bild, welches in der Art verzeichnet wäre, daß der Punkt L in l, M in m, N in n, O in o fiele, ebenso erscheinen, wie



das gerade vor ihm aufgestellte, richtig gezeichnete Bild BD ihm erschienen ist. Man pflegt auch Bilder (Inschriften u. dgl.) in Streifen zu schneiden und diese auf mehrere neben einander stehende dreiseitige Prismen aufzukleben; dann sieht man von der einen Seite kommend das eine, von der anderen Seite das andere Bild. Die katoptrischen Anamorphosen werden durch Cylinderspiegel, Kegelspiegel oder Pyramidenspiegel hervorgebracht. Ein gerade vor einem Cylinderspiegel stehender Gegenstand wird in der Richtung, welche mit der Axe des Cylinders zusammenfällt, so wie im ebenen Spiegel, dagegen in der darauf senkrechten Richtung verkleinert wie im Kugelspiegel erscheinen. Daher giebt ein vor dem Cylinderspiegel liegendes, in richtigen Verhältnissen gezeichnetes Bild ein ganz verzerrtes Spiegelbild, und will man im Cylinderspiegel ein richtig gezeichnetes Bild erhalten, so muß man vor denselben ein nach bestimmten Regeln verzerrt gezeichnetes Bild legen. Ganz ebenso verhält es sich mit Kegelspiegeln und Pyramidenspiegeln, nur daß für jeden dieser Spiegel die Regeln, nach denen die Verzerrungen in der Zeichnung gemacht werden müssen, andere sind. Ein Instrument zu Anfertigung derartiger Zeichnungen ist von Leopold erfunden worden. Von der Construction solcher Bilder hat Simon Stevin zuerst geschrieben. Die dioptrischen Anamorphosen sind die, welche durch ein vieleckig geschliffenes Glas gesehen werden. Durch ein solches Glas erblickt man weit von einander liegende Theile einer Tafel zusammengerückt. Die Theile einer Zeichnung müssen also auf der Tafel zerstreut werden, damit dieselben durch das Glas in der gehörigen Zusammensetzung erscheinen*). Im Art. Cylinderspiegel wird ein einfaches Verfahren zur Herstellung katoptrischer Anemorphosen angegeben werden.

Anemobarometer, s. Anemoskop.

Anemochord (v. d. griech. ἄνεμος, das Wehen, und χορδή, Saite) nannten Schnell und Tschenki ein von ihnen erfundenes Instrument, welches den Zweck hatte, durch die Einwirkung eines Luftstromes auf Saiten nach Willkür musikalische Töne zu erzeugen. Sie legten dieses Instrument 1790 der Pariser Akademie vor und Hauy erstattete Bericht über dasselbe. Die Erfinder wünschten die sanften Töne der Aeolsharfe mit größerer Stärke und unter mehr musikalischen Bedingungen hervorzubringen. Um das unvollkommene Instrument, welches nur Accorde von harmonischen Tönen giebt, in ein musikalisches Instrument zu verwandeln, leiteten sie mittelst eines Rohres einen Strom comprimirter Luft durch einen Blasebalg auf eine Anzahl von Saiten, die zu vieren gruppirt und in Unisono gestimmt waren. Mit Hülfe von Klaviertasten wurden Klappen eröffnet, welche die Luft durch entsprechende Röhren auf die einzelnen Saitengruppen ausströmen ließen. Solcher Röhren gab es zwei für jede Gruppe, und sie hatten eine solche Richtung, daß die Luft zugleich von beiden Seiten schief auf sie traf; aus diesen Combinationen von Röhren und Saiten waren mehrere Octaven gebildet. Die Erfahrung lehrte die Erfinder bald, daß gewisse Töne nur äußerst langsam ansprachen. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, kamen sie darauf, die Saiten vor dem Ausströmen

*) Vgl. Vaulezard, perspective conique et cylindrique. 1630. — Schott, magia universalis. Herbip. 1657. — Wolf, Dioptr. Probl. 25; Langsdorf, Grundlehren der Photometrie. Erlang. 1803. S. 93. — Leupold, Anamorphosis mechanica. Lips. 1714. — Leutmann, Anamorphoseos polyedricae constructionis methodus etc. Comm. Acad. Petr. IV. p. 202. — Leutmann, Anmerkung vom Glasschleifen.

der Luft durch eine Ursache in Schwingungen zu versetzen, damit der gewünschte Ton rascher zum Vorschein käme. Sie fügten daher einen endlosen Violinbogen hinzu, gebildet aus einem in sich zurücklaufenden und über zwei fortwährend gedrehte Rollen hinweggehenden Bande. Allein immer blieb das Instrument nur zur Ausführung langsamer Musikstücke, wie Adagio's und Cantabile's, anwendbar. Die Tasten der Claviatur des vervollkommneten Anemochords hatten einen doppelten Dienst zu verrichten. Sie mußten wie zuvor die Klappen der Luft öffnen, und überdies mittelst einer Hebelverbindung das während des ganzen Spiels fortwährend herumgedrehte Band heben und gegen die Saiten drücken, in demselben Augenblicke, wo diese dem Luftstrom ausgesetzt wurden. Die Urheber des Anemochords hatten wohl begriffen, daß ihr Band, indem es die Stelle eines Violinbogens vertrat, die durch dasselbe erschütterte Saite verlassen mußte, um diese unter bloßer Einwirkung der Luft frei schwingen zu lassen. Auch bestand ihr Mechanismus, um das Band mit den Saiten in Berührung zu bringen, aus einem Echappement, wie das der Hämmer unserer neuern Piano's, welche nach dem Anschlagen an die Saite zurückspringen.

Eine Verwandtschaft mit dem eben beschriebenen Instrument hat ein anderes Instrument, welches der Mechaniker Isoard 1841 der Akademie vorlegte. Um die gewöhnliche Schwingung der Saite eines Piano's in den kräftigen Ton eines Blasinstruments zu verwandeln, genügt es Isoard, unter den Saiten einen kleinen beweglichen Kasten anzubringen, getheilt in so viele Zellen als er Saiten schwingen lassen will; jede Zelle communicirt mittelst einer Klappe mit einer gewöhnlichen Windlade. Die Luft, comprimirt durch einen doppelten Blasebalg, wird in einem besonderen Behälter angehäuft und tritt, wenn eine Taste der Claviatur eine Klappe öffnet, in die entsprechende Zelle. Das Ausströmen der so hineingelassenen Luft, um die Schwingung der Saite zu unterhalten und zu vergrößern, geschieht durch eine Längenspalte, in welche die Saite nach Belieben eingefügt werden kann. Wir sagen absichtlich, daß die von der Luft getroffene Saite zu schwingen fortfährt, denn Isoard, wie seine Vorgänger von 1790, hatten mit der Langsamkeit des Ansprechens gewisser Saiten zu kämpfen; wie sie, wußte er dieses Hinderniß zu besiegen, allein durch ein ganz anderes Mittel. Er wählte den weit einfacheren Mechanismus eines an die Saite schlagenden Hammers, statt des sehr sinnreichen aber sehr complicirten Bogens, der die Saite durch Reiben in Erschütterung versetzte. Wenn man den beweglichen Kasten senkt, giebt die Saite (unter dem Anschlagen des Hammers) nur den Ton des Pianoforte's, da sie außerhalb der Spalte, in der die Luft auf sie wirkt, angeschlagen wird. Es kann also mittelst eines bloßen Pedals, das die Windlade nach Belieben hebt oder senkt, die Natur des Tones plötzlich umgewandelt werden *).

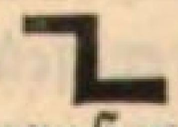
Anemograph, s. Anemoskop.

Anemometer, s. Anemoskop.

Anemometrograph, s. Anemoskop.

Anemoskop, Anemometer, Anemograph. Das Anemoskop (v. d. griech. *ἄνεμος*, Wind, und *σκοπεῖν*, beobachten; Windfahne, Wetterfahne; franz. anémoscope; engl. vane) ist ein Instrument, dessen man sich bedient, um die Richtung des Windes zu beobachten. Dasselbe besteht im Allgemei-

*) Compt. rend. T. XIII. p. 969. Pogg. Ann. Bd. LV. S. 147.

nen in einer verticalen Ebene, welche um eine senkrecht stehende Axe sich umdreht. Der Wind stellt dieselbe in die Richtung, nach welcher er hinweht. Man setzt solche Windfahnen auf die Dächer der Häuser und auf die Spitzen der Thürme. Im Allgemeinen werden sie die herrschende Windrichtung desto sicherer angeben, je freier sie stehen, d. h. je weniger emporragende Gegenstände in der Nähe vorhanden sind, welche die Richtung des Windes local verändern. Es ist eine bekannte Thatsache, daß z. B. durch die Richtung der Straßen in einer Stadt die Winde auf das mannigfaltigste in ihrer Richtung bestimmt werden, daher denn die niedriger gelegenen Wetterfahnen höchst unbestimmte und unter einander im Widerspruch stehende Angaben liefern. Aber auch bei völlig frei stehenden Wetterfahnen wird man die Beobachtung machen, daß sie selbst bei einem sehr heftigen Winde nicht übereinstimmend und unverrückt nach einer Himmelsgegend zeigen, sondern immer schwanken sie hin und her und man kann in den verschiedenen Stellungen nur eine mittlere Stellung unterscheiden, von der sie bald mehr, bald weniger rechts oder links abweichen. Parrot und Engelhardt*) bedienten sich, um die erwähnten Schwankungen minder bedeutend zu machen, einer eigenen Vorrichtung. Dieselbe bestand in zwei Ebenen, die in einem Winkel von 45° gegen einander geneigt und in dieser Lage befestigt wurden. Die gerade Linie, in welcher beide Ebenen sich schnitten, wurde an die verticale Drehungsaxe befestigt, und eine den Winkel von 45° halbirende (z. B. durch einen Stab markirte) Linie gab nun die Richtung des Windes an. Um die Stellung der Wetterfahne mit den Himmelsgegenden zu vergleichen, bringt man häufig unter der Wetterfahne ein Kreuz an, dessen Arme nach den vier Haupthimmelsgegenden zeigen, oder eine sternförmige Windrose, welche die Hauptrichtungen und die dazwischen liegenden Nebengegenden angiebt. Auch hat man Vorkehrungen getroffen, daß man die Richtung des Windes im Zimmer beobachten kann. Am einfachsten ist es in dieser Beziehung, die Spille, an welcher die Wetterfahne sich befindet, fest mit der Fahne zu verbinden und dieselbe in Lagern mit möglichst geringer Reibung um ihre Längenaxe drehbar zu machen, das untere Ende derselben dann durch die Decke in das Zimmer zu führen, in welchem man beobachten will, und hier einen auf der Spille senkrecht stehenden Zeiger zu befestigen. Dieser dreht sich dann im Zimmer ebenso wie die Windfahne im Freien, und ist um seinen Drehungspunkt eine Windrose verzeichnet, so kann man auf das Bequemste die wechselnden Richtungen des Windes beobachten, und zwar zeigt der Zeiger die Richtungen, aus welchen der Wind kommt (nach welchen die Winde benannt werden), nicht wie die Fahne die Richtungen, nach welchen hin der Wind weht, wenn er so gestellt ist, daß die Windfahne oben und der Zeiger unten mit der Spille die Gestalt eines  bilden. Wenn die Schwankungen der Windfahne stetiger und mit nicht zu großen Ausbeugungen erfolgen sollen, so kann man mit der Spindel der Windfahne durch Rad und Getriebe eine parallele Welle verbinden, welche mit einem Flügel in einem Wasser- oder Quecksilbergefäße steht**).

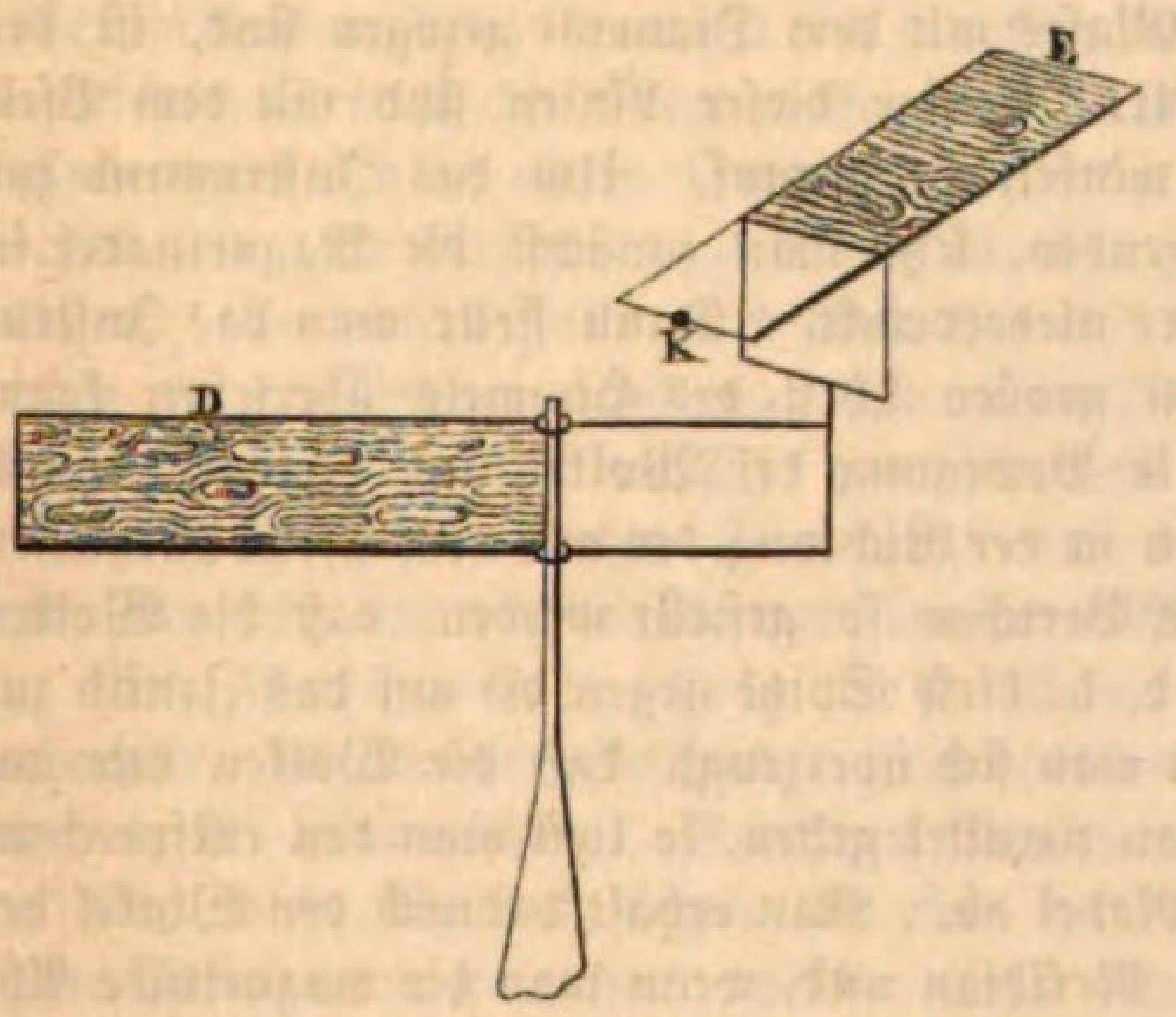
Die Gestalt, welche man der Wetterfahne giebt, ist ganz beliebig, nur muß stets dafür gesorgt sein, daß dem Winde eine breite Fläche dargeboten wird. Bei größeren Windfahnen muß man der leichteren Beweglichkeit und der größeren Halt-

*) Reise in den Kaukasus. Th. 2. S. 20.

**) Hülsse, Allgem. Maschinen-Encyklopädie. Bd. 1. S. 247.

barkeit wegen dafür sorgen, daß die Drehungsaxe der Fahne durch den Schwerpunkt derselben geht. Man bringt daher auf der der eigentlichen Stoßebene, gegen welche der Wind wirkt, entgegengesetzten Seite ein Gegengewicht an, welches ebenso schwer wie jene Stoßebene, dabei aber von bedeutend kleinerer Oberfläche ist, z. B. eine Kugel. Früher war es sehr gebräuchlich, den Windfahnen die Gestalt eines Hahns zu geben (daher oft Wetterhahn für Windfahne gesagt wird); der breite Schweif des blechernen Hahnes ist dann die Stoßebene, der Kopf und Hals (massiv gearbeitet) das Gegengewicht, so daß der Schwerpunkt in die Mitte des Leibes fällt, durch welche die Drehungsaxe geht.

Da die Richtung des Windes selten genau horizontal ist, die gewöhnlichen Windfahnen aber nur die horizontale Richtung des Windes angeben, so hat man auch Vorrichtungen hergestellt, durch welche die Richtung des Windes vollkommen bestimmt wird. Eine solche ist die im Folgenden zu erwähnende Schmidt'sche Vorrichtung, sowie der von Benzenberg erfundene Apparat*). Dieser besteht aus einer Verbindung von zwei Fahnen, wie sie aus der Zeichnung leicht erkennbar ist.



D ist eine gewöhnliche, verhältnißmäßig große Windfahne, welche Benzenberg die Declinationsfahne nennt (weil sie die Winkel markirt, welche der Wind mit dem Meridian des Ortes macht); E ist eine senkrecht gegen die Ebene jener gestellte Windfahne, welche der Erfinder die Inclinationsfahne nennt (weil sie die Winkel markirt, welche der Wind mit dem Horizont des Ortes macht). Die Kugel K balancirt das Gewicht der Fahne E und die ganze Fahne E mit den sie tragenden Stäben das Gewicht der Fahne D. Diese Vorrichtung wäre ganz gut, wenn sie nur nicht so leicht von der Gewalt des Windes verbogen und zerbrochen würde. Ich füge noch eine Bemerkung Benzenberg's bei, welche bei allen Beobachtungen von Windfahnen aus der Ferne Beachtung verdient. Er sagt: der Stand der Fahnen auf einem Thurme läßt sich am besten durch ein Fernrohr mit einem Fadennetze beobachten. Wenn man die Entfernung der Thurmspitze vom Auge des Beobachters nebst der Größe der Fahnen und der des Fadennetzes kennt, so läßt sich hieraus sehr leicht für jeden Stand der Fahnen eine Tabelle berechnen, in welcher man die scheinbare Neigung der Fahnen im Fernrohre unmittelbar in die wahre verwandeln kann.

Man kann die Richtung des Windes auch nach der Richtung bestimmen, in welcher leichte Körper oder der Rauch der Schornsteine fortgetrieben werden. Benetzt man einen Finger und setzt ihn der Luft aus, so empfindet man an der Seite des Fingers, welche dem Winde zugewendet ist, zuerst ein Kältegefühl. Diese von den Jägern angewendete Methode, um die Witterung des Wildes zu beurthei-

*) Gilb., Ann. Bd. VIII. S. 240. Gehler, N. A. Bd. X. S. 2151.

len, ist sehr zuverlässig und man nimmt durch dieselbe schon den schwachen Luftzug wahr, der eine Windfahne nicht zu richten vermag. Um die Richtung des Windes in höheren Regionen der Atmosphäre zu bestimmen, beobachtet man den Zug der Wolken. Man wird sich dabei mit Vortheil eines Spiegels bedienen, auf welchem mit einem Diamant Striche gezogen sind. In diesem Spiegel beobachtet man den Wolkenzug, indem man die Striche auf den Spiegel in parallele Lage mit der beobachteten Richtung des Wolkenzuges bringt. Dann vergleicht man den Winkel, welchen einer dieser Striche mit der Nadel einer an der Seite des Spiegels angebrachten Bussole macht, und erhält so die Winkelrichtung, nach welcher die Wolken und also auch der dieselben forttreibende Luftstrom sich bewegen. Wir theilen im Folgenden die genauere Beschreibung eines solchen von Aimé*) erfundenen Reflexions-Anemometers (richtiger Anemoskops) mit.

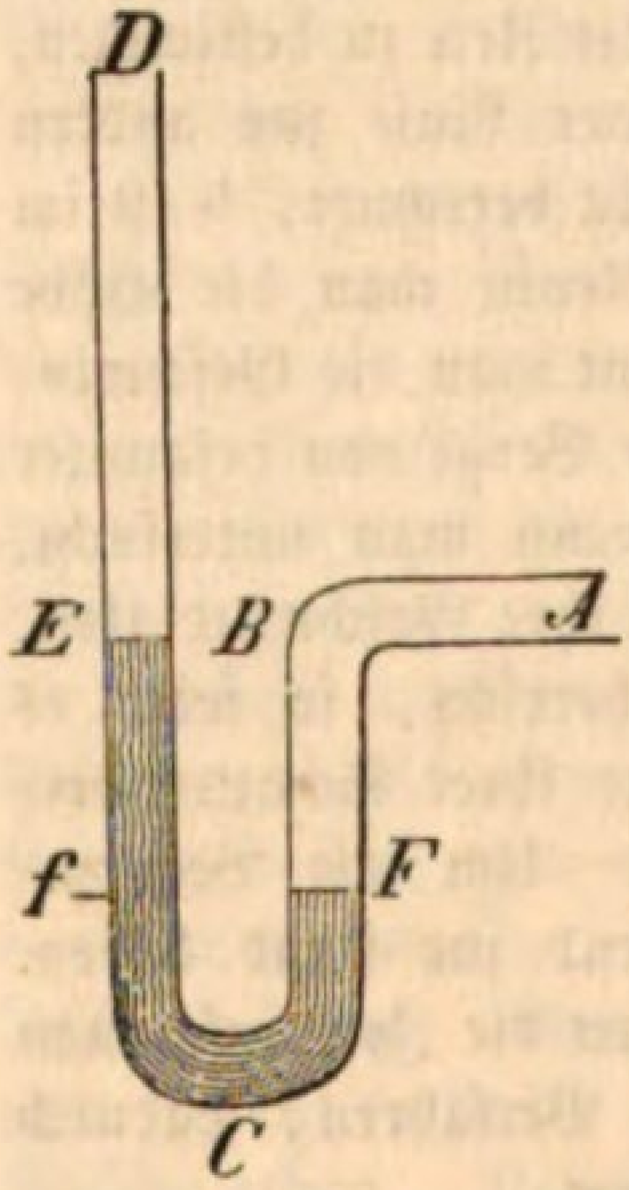
Dasselbe besteht aus einem Spiegel und einer Bussole, die zusammen auf einem Bretchen befestigt sind. Die Bussole ist von 2 zu 2 Graden in 360° getheilt, und der Nullpunkt der Theilung entspricht einem auf die Bussole eingeschnittenen Theil, der den Buchstaben N. (Nord) trägt. Durch Parallelstriche, die in Berührung mit der Folie auf der Rückseite des Glases mit dem Diamant gezogen sind, ist der Spiegel in mehrere Streifen getheilt. Einige dieser Linien sind mit dem Pfeil der Bussole parallel, die anderen winkelrecht darauf. Um das Instrument zur Messung der Wolkenrichtung anzuwenden, setzt man zunächst die Magnetnadel in Freiheit, indem man eine kleine Feder niederdrückt. Dann stellt man das Instrument an einem Ort, wo man einen großen Theil des Himmels übersehen kann, horizontal auf. Man beobachtet die Bewegung der Wolken im Spiegel, indem man letztern so dreht, daß die Wolken in der Richtung der mit dem Pfeile parallelen Striche gehen. Ueberdies muß das Bretchen so gestellt werden, daß die Wolken auf die Spitze des Pfeiles zugehen, d. h. diese Spitze gegen die auf das Zenith zugehenden Wolken gerichtet sei. Hat man sich überzeugt, daß die Wolken den auf dem Spiegel gezogenen Strichen genau parallel gehen, so liest man den entsprechenden Theilpunkt am Nord-Ende der Nadel ab. Man erhält dadurch den Winkel der Windrichtung mit dem magnetischen Meridian und, wenn man die magnetische Abweichung kennt, auch denjenigen, welchen sie mit dem astronomischen Meridian macht. Um die Bewegung der Wolken gegen die Striche auf dem Spiegel gehörig zu ermitteln, muß das Auge des Beobachters eine feste Lage haben. Zu diesem Ende ist der Apparat mit kleinen zugespitzten Kupferständern versehen, die nach Belieben verkürzt oder verlängert werden können. Einer dieser Ständer wird neben dem Spiegel aufgestellt und sein Bild im Spiegel beobachtet, indem man sich so stellt, daß das Bild der Spitze einem Durchschnitte der auf dem Spiegel gezogenen Linien entspricht. Man betrachtet abwechselnd die Wolke und das Bild der Spitze. Geht die Wolke den Linien nicht parallel, so dreht man den Spiegel ein wenig in zweckmäßiger Richtung und giebt dem Ständer eine neue Stellung, welche ebenfalls das Bild seiner Spitze mit dem Durchschnitte zweier Linien auf dem Spiegel zusammenfallen läßt. Um sich mit dem Gebrauch dieses Instruments vertraut zu machen, muß man damit anfangen, wenn wohl begrenzte, vereinzelte und sich schnell bewegende Wolken am Himmel sichtbar sind. Die Messungen sind um so genauer, je mehr man sich solcher Wolken bedient, die dem Zenith nahe sind. In gewissen Fällen

*) Pogg. Ann. Bd. LXX. S. 578.

kann das beschriebene Anemometer zur Bestimmung der Höhe oder Geschwindigkeit der Wolken dienen. Angenommen, der zugespitzte Ständer sei neben den Spiegel gesetzt, und man habe sich so gestellt, daß man das Bild seiner Spitze und das einer kleinen Wolke sich decken sieht. Rückt die Wolke fort, so muß man sich anders stellen, damit die beiden Bilder sich wieder decken. Der von beiden Bildern auf dem Spiegel zurückgelegte Weg (c) wird sich zu dem in Wirklichkeit von der Wolke durchlaufenen Weg (C) verhalten wie die Höhe der Spitze über dem Spiegel (h) zur Höhe der Wolke über dem Beobachter (H), oder es wird sein $c : C = h : H$. Der von der Wolke durchlaufene Weg, dividirt durch die Zeit (t), giebt die Geschwindigkeit. Haben die Striche auf dem Glase einen bekannten Abstand, so wird es leicht sein, mittelst einer Secundenuhr die Zeit zu bestimmen, welche die einander deckenden Bilder brauchen, um von einer Linie zur andern zu gehen. Das erste Glied c, dividirt durch t, ist also leicht berechnet, h ist im voraus bekannt, es bleiben also bloß C und H unbekannt. Kennt man die Höhe der Wolken, so ergiebt sich daraus ihre Geschwindigkeit; kennt man die Geschwindigkeit, so geht daraus die Höhe hervor. An Orten, wo Berge von bekannter Höhe vorhanden sind, berechnet sich die Höhe der Wolken, wenn man untersucht, an welchem Orte sie die Berge treffen, und daraus ergiebt sich ihre Geschwindigkeit. Befindet man sich an einem Orte, der eine große Ebene beherrscht, so wird es möglich sein, die Geschwindigkeit der Wolken aus dem Gange ihrer Schatten herzuleiten. In diesem Falle wird auch ihre Höhe bekannt sein. Um mit Bequemlichkeit zu verfahren, muß man eine Specialkarte der Gegend zur Hand haben. Man trägt mit Bleistift den Ort des Schattens ein und zeichnet die Zeit auf, man verfolgt den Schatten eine Zeit lang und wiederholt das Verfahren; dadurch lernt man den von der Wolke durchlaufenen Weg genau kennen.

Die Geschwindigkeit des Windes findet man direct, wenn man beobachtet, mit welcher Geschwindigkeit derselbe leichte Körper, die man ihm überläßt, z. B. Flaumfedern, Stückchen Papier und dergleichen, mit sich fortführt. Da aber solche Beobachtungen nie eine besondere Schärfe zulassen, so hat man eigene Instrumente ersonnen, welche nächst der Richtung auch die Geschwindigkeit oder die von derselben und von der Dichtigkeit der bewegten Luft abhängige Gewalt des Windes beobachten lassen, und dieselben Anemometer (v. d. griech. *ἄνεμος* Wind und *μέτρον* Maß; Windmesser; franz. anémomètre, engl. anemometer, wind-gage, wind-gauge) genannt. Indem ich im Folgenden die Beschreibungen derartiger Instrumente zusammenstelle, gruppire ich dieselben nach den Principien, von denen man bei Construction derselben ausgegangen ist. Da wir im Allgemeinen gewohnt sind, den Druck der Luft nach der Höhe einer Flüssigkeitssäule zu bestimmen, welcher derselbe das Gleichgewicht hält (das Princip des Barometers), so gehe ich von denjenigen Instrumenten aus, bei welchen der Druck, welchen der Wind gegen eine ihm entgegenstehende Fläche ausübt, berechnet wird aus der Hebung einer Flüssigkeitssäule durch denselben. Ich werde dann von denjenigen Anemometern sprechen, an welchen der Druck gegen eine Fläche direct beobachtet wird, sowie von denen, bei welchen man den Winkel beobachtet, um welchen ein Pendel aus seiner verticalen Stellung durch die Gewalt des Windes herausgedrängt wird, und endlich von denen, bei welchen man die Gewalt mißt, mit welcher eine Radvorrichtung durch den Wind gedreht wird, oder die Geschwindigkeit, mit welcher Flügel (Windmühlenflügel) von dem Winde in eine drehende

Bewegung versetzt werden. Zuletzt werde ich nach einiger auf eigenthümlichen andern Principien beruhender Anemometer gedenken. — Hales *) machte zuerst darauf aufmerksam, daß man die Geschwindigkeit einer Luftströmung dadurch messen könne, daß man die Oeffnung eines mit Wasser gefüllten Hebers der Luftströmung entgegenhalte, in welchem Falle dann das Wasser in dem einen Schenkel herabgedrückt, in dem andern gehoben werden müsse, im Verhältnisse der Kraft, mit welcher das Wasser durch den Luftstrom gestoßen werde. Hiernach hat Lind **) folgendes auch Anemobarometer genanntes Anemometer angegeben. Eine an beiden Enden offene Glasröhre wird so gebogen, wie es A B C D angiebt;

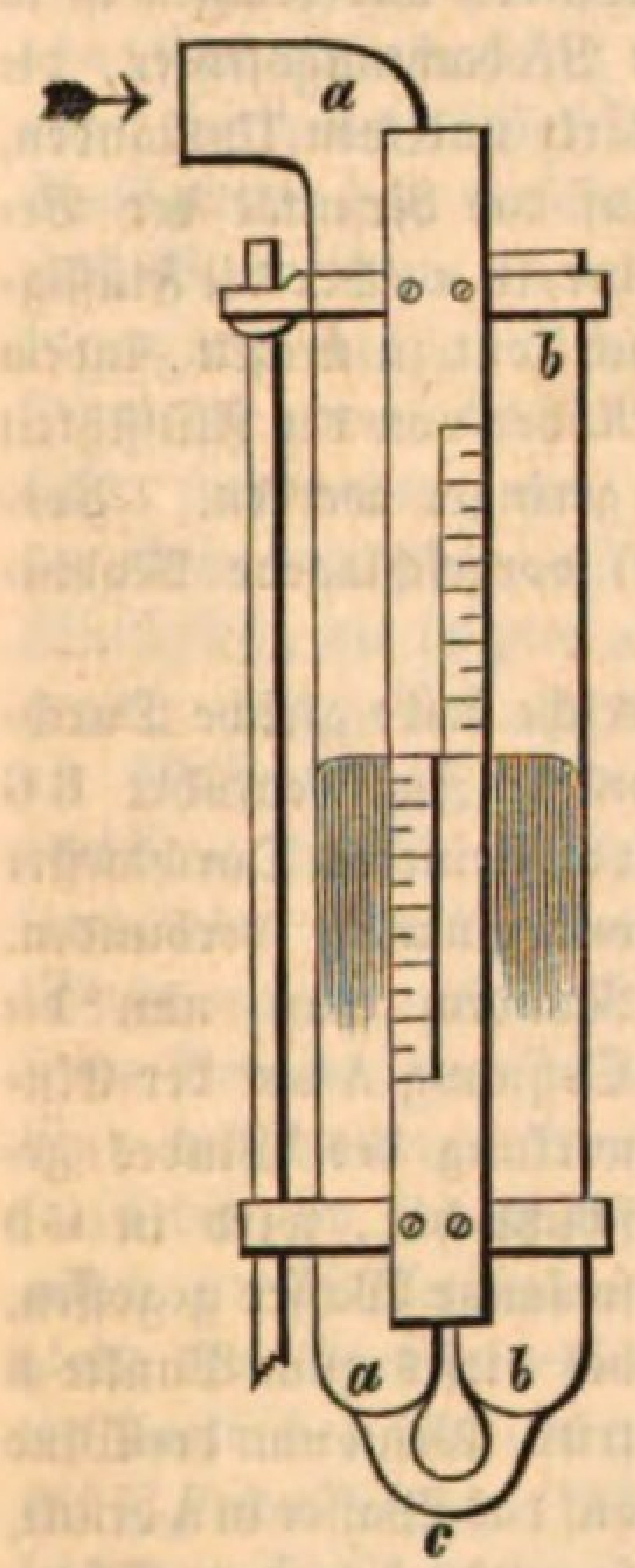


der Arm A B steht genau senkrecht gegen C D; diese Röhre, welche einen innern Durchmesser von ungefähr einem halben Zoll haben muß, enthält Wasser oder eine andere leichte Flüssigkeit, welche in beiden Schenkeln gleich hoch steht, sobald keine andere Kraft auf dieselbe einwirkt. Der Apparat wird nun so aufgestellt, daß die Röhre C D genau vertical steht und die Verticalebene, in welcher die Röhren sich befinden, mit der Richtung des Windes zusammenfällt, was am leichtesten dadurch erreicht wird, daß man den Apparat in der Ebene der Windfahne befestigt, und zwar dergestalt, daß die Oeffnung A der Axe, um welche sich die Fahne dreht, zunächst liegt. Der ankommende Strom wirkt nun auf die in der Röhre A B enthaltene Luft, preßt dieselbe zusammen und drückt dadurch das Wasser in dieser Röhre bis F herab, während es in der Röhre C D bis E steigt. Aus dem Höhenunterschiede des Wassers in beiden Schenkeln, E f, wird dann die Geschwindigkeit des Windes hergeleitet. Da jedoch diese selten mehre Minuten hindurch constant ist, so ist die Wassersäule vielen Schwankungen unterworfen, wodurch die Messung sehr erschwert wird. Um die hieraus entstehende Unsicherheit der Beobachtung etwas zu vermindern, ist es am zweckmäßigsten, die Röhre unten bei C zu verengern. Robison glaubt, daß, wenn die Röhre einen Durchmesser von einem halben Zoll hat, es genüge, der Röhre bei C einen Durchmesser von $^1/_{50}$ Zoll zu geben. Ein demgemäß ***) eingerichtetes Instrument mit seinen nothwendigen Nebentheilen stellt die nachstehende Figur dar. Die beiden Glasröhren a a, b b sind 8 bis 9 Zoll lang und 0,4 Zoll weit. Sie stehen am unteren Ende durch ein Knierohr c von etwa $^1/_{50}$ Zoll Weite mit einander in Verbindung und bilden so ein communicirendes Gefäß. Die eine Röhre a ist oben rechtwinkelig umgebogen, die andere b oberhalb mit einem Schutze versehen, um den Zutritt von Regen zu verhüten; zwischen beiden befindet sich verstellbar eine Scala, auf welcher von einem in der Mitte befindlichen Nullpunkte aus nach oben und unten für das Rohr b und a eine Eintheilung aufgetragen ist. Beide Röhren sind übrigens in ein Gestell gefaßt und

*) Descript. of Ventilators 1743. p. 12. Gehler N. A. Bd. X. S. 2177.

**) Robison, Mechanical philosophy T. III. p. 707. Philos. Transact. 1775. p. 353. Kämtz, Lehrb. der Meteorologie. Bd. I. S. 154. Cf. Mathem. Dictionary T. I. p. 116.

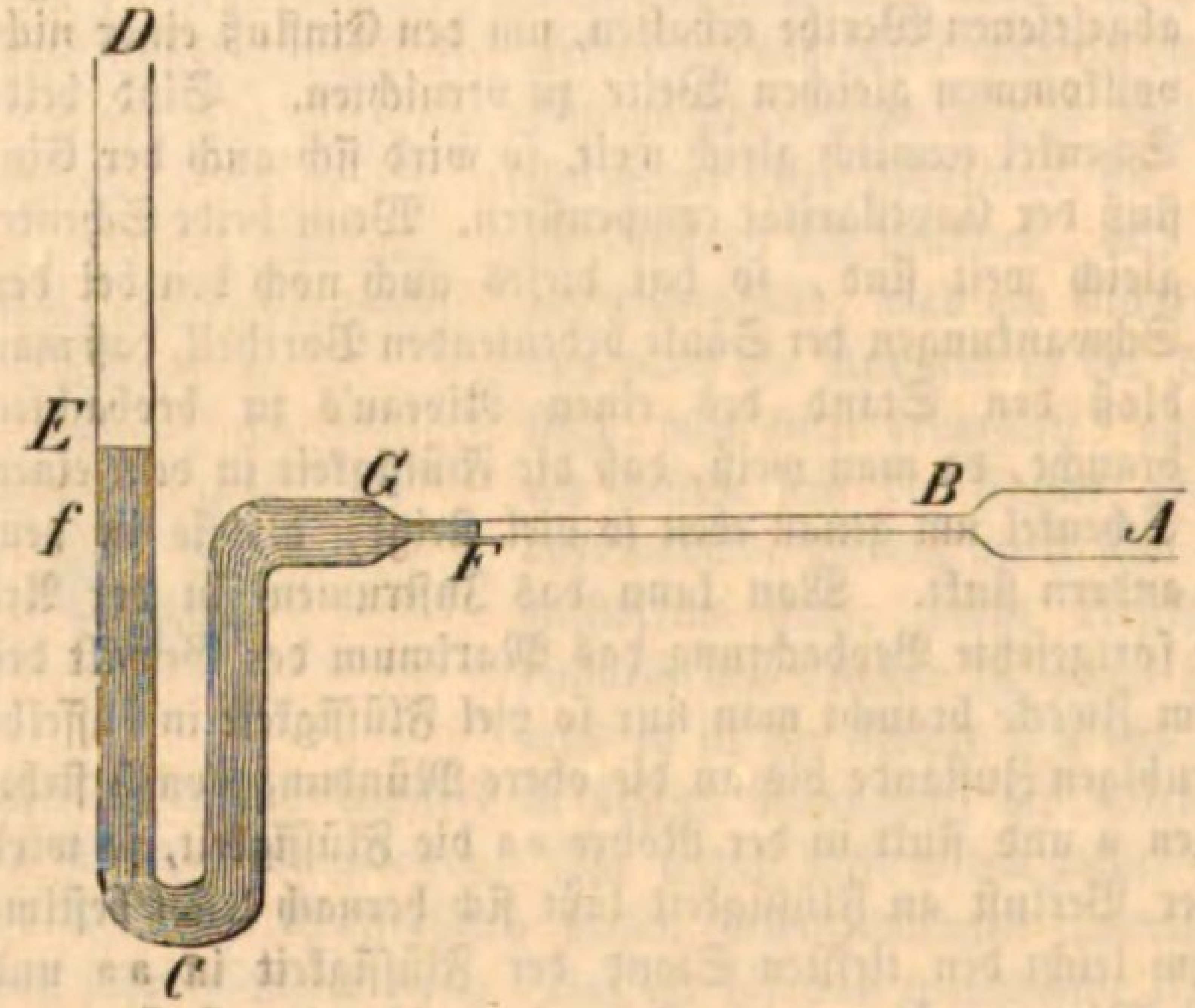
***) Philos. Transact. 1775. p. 353. Rees Encycl. Art. Wind-gage Vol. XXXVIII. Vergl. Maschinen-Enc. Bd. I. S. 228.



an einen hier nur angedeuteten Stab drehbar befestigt. Wird nun der Stab, welcher mit der Axe der Röhren parallel liegen muß, senkrecht gestellt, in das communicirende Gefäß Wasser oder eine andere Flüssigkeit gegossen und der Nullpunkt der Scale auf das Niveau der Flüssigkeit in beiden Schenkeln eingestellt, so wird, wenn die Oeffnung a dem Winde gerade entgegengekehrt wird, die verdichtete Luft innerhalb des Schenkels a einen Druck auf die Flüssigkeit in a ausüben und dieselbe in b so lange zum Steigen bringen, bis der Druck der gehobenen Wassersäule gleich dem von dem Winde ausgeübten Drucke ist. Die Höhe dieser Wassersäule wird durch Summirung der auf beiden Eintheilungen abgelesenen Werthe erhalten, um den Einfluß einer nicht vollkommen gleichen Weite zu vernichten. Sind beide Schenkel ziemlich gleich weit, so wird sich auch der Einfluß der Capillarität compensiren. Wenn beide Schenkel gleich weit sind, so hat dieses auch noch den bei den Schwankungen der Säule bedeutenden Vortheil, daß man bloß den Stand des einen Niveau's zu beobachten braucht, da man weiß, daß die Flüssigkeit in dem einen Schenkel um genau eben so viel steigt, als sie in dem andern sinkt. Man kann das Instrument in der Art benutzen, daß es auch ohne fortgesetzte Beobachtung das Maximum der Gewalt des Windes angiebt. Zu diesem Zwecke braucht man nur so viel Flüssigkeit in dasselbe zu gießen, daß dieselbe im ruhigen Zustande bis an die obere Mündung von b steht. Drückt dann der Wind gegen a und sinkt in der Röhre a a die Flüssigkeit, so wird diese bei b überlaufen. Der Verlust an Flüssigkeit läßt sich hernach leicht bestimmen und man kann aus ihm leicht den tiefsten Stand der Flüssigkeit in a a und somit die größte Gewalt des Windes während der Zeit, in welcher das Instrument in Thätigkeit war, berechnen. Aber freilich ist hierbei derjenige Verlust an Flüssigkeit nicht veranschlagt, welcher nach Maßgabe der Temperatur des Windes durch Verdunstung entstanden ist. Bezeichnet d den Durchmesser der Röhre a in preußischen Zollen, h die Höhe der bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit v gehobenen Flüssigkeitssäule, ebenfalls in preuß. Zollen, und g das specifische Gewicht der in den Röhren befindlichen Flüssigkeit, so ist der auf die Flüssigkeit in a ausgeübte Druck $p = \frac{v^2 d^2 \pi}{400} (0{,}001259 + 0{,}000023865\, d \sqrt{\pi})$, und wenn das Gewicht der gehobenen Flüssigkeitssäule ebenfalls $= p$ gesetzt wird, die Geschwindigkeit: $v = 55{,}0713 \sqrt{\frac{h\,g}{1 + 0{,}03359\, d}}$ in rheinländischen Fußen, wo der Divisor unter dem Wurzelzeichen für ein bestimmtes Instrument auch constant bleibt. Bei sehr genauen Beobachtungen mit destillirtem Wasser ist g nach der Temperatur des Wassers zu bestimmen, übrigens aber unter bestimmten Umständen, z. B. bei Anwendung von Salzauflösung in Temperaturen, wo das Wasser frieren würde, besonders zu ermitteln. — Da schon geringe Veränderungen im Niveau der Flüs-

sigkeit ziemlich großen Veränderungen im Drucke des Windes und demgemäß in der Geschwindigkeit desselben entsprechen, so haben kleine Beobachtungsfehler, die fast unvermeidlich sind bei der Veränderlichkeit der Windstärke und den Umständen, unter denen die Beobachtung geschieht, großen Einfluß auf das Resultat der Berechnung. Deswegen hat Robison vorgeschlagen, die Röhre, in welcher die Flüssigkeit unter dem Drucke des Windes aufsteigt, gegen den Horizont zu neigen, indem dann zu derselben Höhenerhebung größere Längen dieser Röhre von der Flüssigkeit durchlaufen werden müssen, die Beobachtungsfehler also geringer werden. Vortheilhafter aber scheint noch eine andere von Robison *) vorgeschlagene Modification des Lind'schen Anemometers.

Die horizontale Röhre AB und die verticale CD, welche beide gleiche Durchmesser haben mögen, werden durch eine genau horizontale Zwischenröhre BG von kleinerem Durchmesser mit einander verbunden. Nachdem man nun die Oeffnung A vor der Einwirkung des Windes geschützt hat, wird in CD so lange Wasser gegossen, bis dieses zum Punkte B tritt. Wenn nun der Wind auf das Wasser in A drückt, so wird es in dem Schenkel CD um die Größe fE gehoben, aber da der Schenkel BG weit enger ist, so wird die Länge BF, durch welche hier das Wasser getrieben wird, bei weitem größer ausfallen als fE.



Gesetzt, der Querschnitt von BG sei nur $1/_{12}$ so groß als der von CD, und die Größe Ef betrage 0''', 5 Wasser, was bei einem Barometerstande von 336''' einer Geschwindigkeit von etwa 12 Fuß in der Secunde entsprechen würde, so würde es leicht möglich sein, sich bei unmittelbarer Messung der Säule Ef um 0''', 1 oder 0''', 2 zu versehen. Aber eben diese Höhe Ef entspricht in der 12 mal engeren Röhre GB einer Länge von 6'''; wenn also auch hier derselbe Fehler beim Ablesen begangen wird, so wird der Einfluß auf das Endresultat viel geringer. Bezeichnet d_1 den Durchmesser des engen Rohres GB und l den Weg, welchen der Wasserspiegel unter Einwirkung des Windes von der Geschwindigkeit v in GB zurücklegt, so ist in der oben angegebenen Formel statt h zu setzen $\left(\frac{d_1}{d}\right)^2 l$ und d_1 statt d. Man hat also $v = \frac{55,0713\ d_1}{d} \sqrt{\frac{l\ g}{1 + 0,03359\ d_1}}$. — Eine vielleicht noch vortheilhaftere Verbesserung des Lind'schen Anemometers ist das

*) Kämtz, Meteorologie. Bd. I. S. 155.

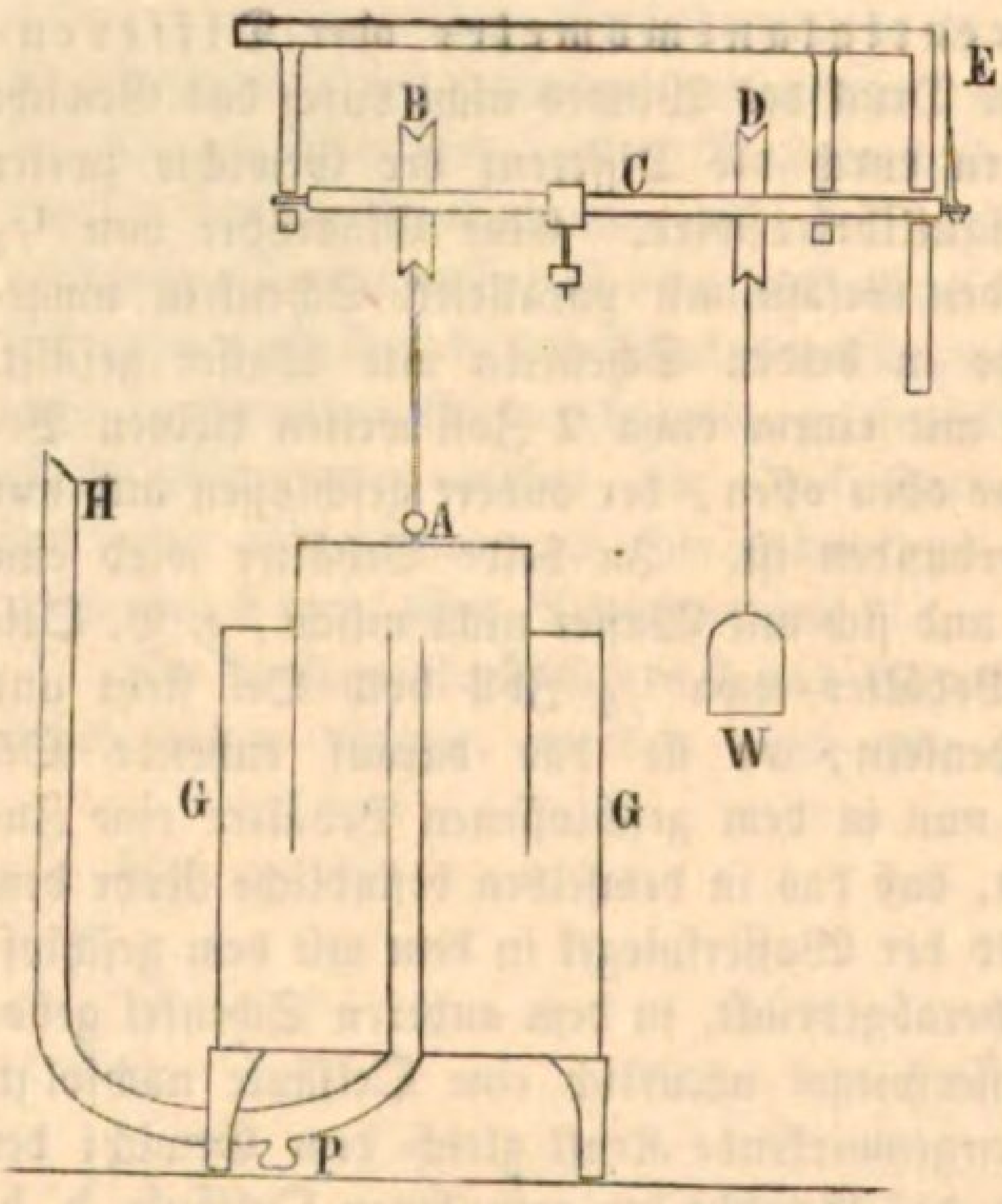
von Wollaston angegebene Differentialanemometer oder Differentialbarometer *), bei welchem der Druck des Windes nicht durch das Gewicht einer einzigen Flüssigkeitssäule, sondern durch die Differenz der Gewichte zweier Flüssigkeiten von verschiedener Dichte äquilibrirt wird. Eine Glasröhre von $1/4$ Zoll Weite ist zu einem communicirenden Gefäße mit parallelen Schenkeln umgebogen und bis zu 2 bis 3 Zoll Höhe in beiden Schenkeln mit Wasser gefüllt. Jedes der oberen Enden der Röhre ist mit einem etwa 2 Zoll weiten kleinen Behälter verbunden, von denen der eine oben offen, der andere geschlossen und nur zur Seite mit einem offenen Rohre verbunden ist. In beide Behälter wird eine Flüssigkeit, die leichter als Wasser ist und sich mit Wasser nicht mischt, z. B. Olivenöl, eingegossen, so daß in jedem Behälter etwa $1/2$ Zoll hoch Oel steht und die Wasserspiegel in den beiden Schenkeln, wo sie das darauf ruhende Oel berühren, im Niveau stehen. Findet nun in dem geschlossenen Behälter eine Zusammendrückung der Luft dadurch statt, daß das in demselben befindliche Rohr dem Winde entgegengehalten wird, so wird der Wasserspiegel in dem mit dem geschlossenen Behälter verbundenen Schenkel herabgedrückt, in dem anderen Schenkel gehoben, und da dem niedersinkenden Wasserspiegel natürlich eine Oelsäule nachfolgt, so ist die dem Drucke des Windes entgegenwirkende Kraft gleich dem Gewicht der gehobenen Wassersäule vermindert um das Gewicht der gesunkenen Oelsäule, d. h. gleich dem Gewichte einer Flüssigkeitssäule, welche mit beiden gleiches Volumen und ein specifisches Gewicht gleich der Differenz der specifischen Gewichte der benutzten Flüssigkeiten besitzt. Ist daher γ das specifische Gewicht der schwereren, γ_1 das der leichteren Flüssigkeit, $d_{,,}$ die Weite des dem Winde entgegengestellten Rohres, so ist für die beschriebene Einrichtung die Windgeschwindigkeit $v =$

$53{,}0713 \sqrt{\frac{h(\gamma - \gamma_1)}{1 + 0{,}033588\, d_{,,}}}$, indem die unbedeutende Veränderung des Niveaus in den beiden Behältern vernachlässigt werden kann. Bei Anwendung von Olivenöl und Wasser ist die Genauigkeit des Instrumentes 11mal so groß, als bei Wasser allein, und wird dem Wasser eine beliebige Menge Alkohol zugesetzt, so kann diese Genauigkeit noch 20, 30 rc. mal größer werden.

Aus dem Bestreben, das Lind'sche Instrument zu größerer Empfindlichkeit zu vervollkommnen, ist auch noch das dem eben beschriebenen ähnliche, von Adie**) angegebene sinnreiche Anemometer hervorgegangen. Dasselbe (s. d. umstehende Abbildung) besteht aus einem cylindrischen, mit Wasser gefüllten, blechernen Gefäße GG, in welches ein anderer luftdichter Cylinder A herabgesenkt ist. Dieser hängt an einer Schnur, deren anderes Ende um die Rolle B, die auf der Axe C festsitzt, geschlungen ist. Auf dieser nämlichen, mit ihren Endzapfen in Zapfenlagern liegenden Axe sitzt gleichfalls die Schnecke D fest, um welche eine Schnur gewunden ist, die am andern Ende das Gewicht W trägt. Das Gewicht des Cylinders A und das in W halten sich das Gleichgewicht und stellen den Zustand der Ruhe her, wenn die Schnur des letzteren um die höchste Windung der Schnecke geschlungen ist und also auf den längsten Hebelarm wirkt;

*) Philosoph. Transact. 1829. p. 133. Pogg. Ann. 1829. Bd. XVI. S. 618. Masch.-Encycl. Bd. I. S. 231.

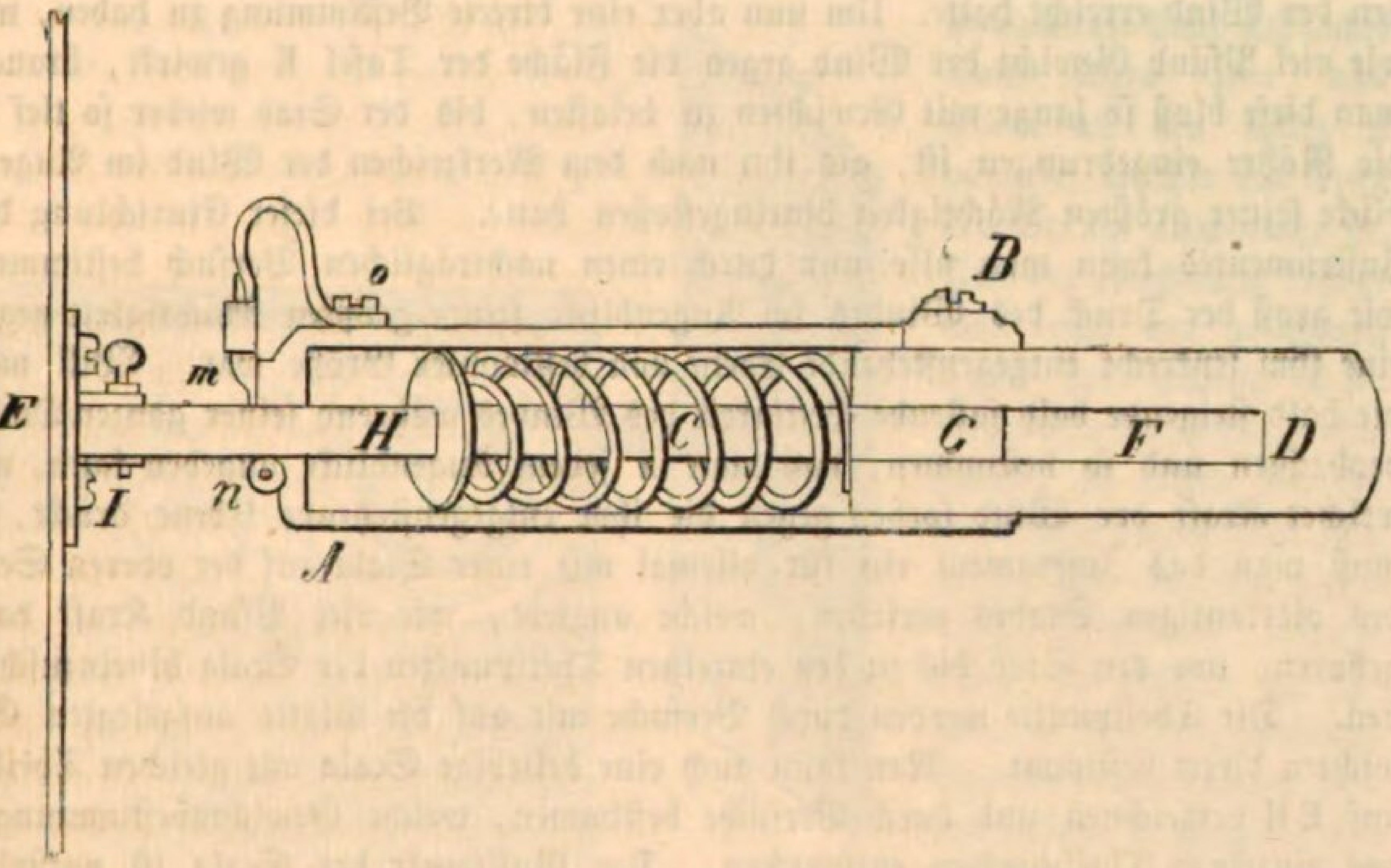
**) Edinburgh New Philos. Journ. N. XLIV. p. 309. Vergl. Gehler N. A. Bd. X. S. 2205.



sobald aber A durch verdichtetere Luft im Innern gehoben und also leichter wird, gelangt die Schnur der Schnecke D auf eine kleinere Windung und übt also eine geringere Kraft aus. Mit der Schnecke dreht sich zugleich die Axe, an deren einem Ende der Zeiger E festsitzt, dessen Spitze auf einem getheilten Kreise die Grade der Umdrehung angiebt. Zum Messen des Maximums und des Minimums der Windstärke dienen zwei fliegende Zeiger, die durch den Hauptzeiger fortgeschoben an der erreichten Stelle zurückbleiben. In dem innern Cylinder A befindet sich die Oeffnung eines gebogenen Rohres, welches durch den Boden des größeren Cylinders geführt und dann aufwärts gebogen ist. Die weitere Construction ist durch die Zeichnung nicht erläutert, sondern bloß beschrieben. Am obern Ende H der Röhre befindet sich nämlich eine Kammer mit einer trichterförmigen Oeffnung, die dem Winde allezeit entgegensteht. Um dieses zu erreichen, ist die Kammer der Oeffnung diametral gegenüber mit einer Windfahne versehen und um die Oeffnung der Röhre H drehbar, indem ein Quecksilberventil sie luftdicht macht. Der Stöpsel P endlich dient dazu, um das etwa in die Röhre geflossene Wasser abzulassen. Das Instrument beruht, wie man sieht, darauf, daß unter dem Einflusse des Windes das Gleichgewicht zwischen dem zum Theil mit Luft erfüllten Gefäße und dem Gewichte gestört wird, was sogleich der Fall ist, wenn durch die aus dem Innern jenes Gefäßes nach außen führende Röhre Luft in das Gefäß geblasen, die Luft in seinem Innern also verdichtet wird, welches dieselbe Wirkung hat, als wenn das Gefäß leichter geworden wäre.

Am häufigsten wird die Stärke des Windes dadurch gemessen, daß man die Kraft zu bestimmen sucht, mit welcher der Wind gegen eine ihm entgegenstehende Fläche drückt. Aus dieser Bestimmung läßt sich dann die Geschwindigkeit des Windes durch Rechnung finden. Eine derartige Vorrichtung ist das Anemometer von Bouguer*). Dasselbe besteht aus einem Rohre A, welches an dem einen Ende mit einem befestigten Deckel versehen ist, in dem sich eine vierseitige Oeffnung befindet, mit dem anderen Ende aber über einen Cylinder D geschoben und bei B durch eine Schraube an denselben befestigt ist. Durch die vierseitige Oeffnung geht ein Stab, der von E bis H vierkantig, von H bis G rund und bei H mit einer festsitzenden Scheibe versehen ist, welche beinahe denselben Durchmesser hat wie die innere Röhre. Der runde Stab paßt so in die Oeffnung des Cylinders

*) Bouguer traité du Navire p. 359. Deff. Manoeuvre des vaisseaux p. 151. Nollet, art des expér. T. III. p. 62. und J. E. Zeiher, methodus exped. veloc. venti absolutam determinandi, Novi Comment. Petrop. T. X. p. 302. Allg. Maschinen-Encyclopädie Bd. I. S. 224.



D, daß er mit möglichst geringer Reibung in diesem hinein und heraus gleiten kann. Zwischen der Scheibe H und dem inneren Ende des Cylinders D ist eine Spiralfeder C eingespannt, welche für gewöhnlich die Scheibe H von innen an den Deckel des Rohres A andrückt und, wenn durch eine gegen E wirkende Kraft der Stab in die Röhre tiefer hineingeschoben wird, diesen wieder aus der Röhre herausdrängt, sobald jene Kraft nachläßt. An dem Ende E des Stabes ist eine Tafel von bestimmter Größe (etwa 1 Quadratfuß) genau rechtwinkelig auf EG mit einer durch eine Schraube befestigten Tülle I angeschoben, und damit durch das Gewicht derselben die Reibung der Stange in der vierseitigen Oeffnung nicht zu groß werde, ist vor dieser Oeffnung eine Reibungsrolle n angebracht, auf welcher die Stange aufliegt. Der Apparat muß stets so aufgestellt werden, daß diese Rolle nach unten zu liegen kommt. Oberhalb ist durch die Schraube o der federnde Schreibstift m befestigt, welcher auf der Oberseite des Stabes EH durch eine Linie die Punkte bezeichnet, welche sich unter ihm hinbewegen, wenn EH in das Rohr eingeschoben wird. Je tiefer der Cylinder D in die Röhre A hineingestoßen wird, desto stärker wird die Spannung der Feder C. Das Instrument wird nun auf irgend eine Weise so befestigt, daß das Rohr A auf keine Weise durch den Wind bewegt werden, wohl aber so gestellt werden kann, daß es mit seiner durch den Stab EG bezeichneten Längenaxe genau in die Richtung des Windes eingestellt werden kann. Zur desfallsigen Regulirung des Instrumentes bedarf man einer in seiner Nähe angebrachten Windfahne oder das Instrument ist an eine große Windfahne so befestigt, daß es durch diese selbst stets in der gehörigen Stellung gegen den Wind gehalten wird. Ist es genau gestellt, so drückt der Wind senkrecht gegen die Tafel E und schiebt in Folge dessen den Stab EG immer tiefer in die Röhre hinein, bis endlich die Spannung der Feder der Kraft des Windes das Gleichgewicht hält. Da der Wind stoßweise bläst, so wird die Stange bald mehr bald weniger tief in die Röhre hineingestoßen werden; an der Spur, welche der federnde Stift m auf der Oberseite des Stabes zurückläßt, erkennt man also, wenn der Wind vorüber ist, den höchsten Grad der Stärke,

den der Wind erreicht hatte. Um nun aber eine directe Bestimmung zu haben, mit wie viel Pfund Gewicht der Wind gegen die Fläche der Tafel E gewirkt, braucht man diese bloß so lange mit Gewichten zu belasten, bis der Stab wieder so tief in die Röhre eingedrungen ist, als ihn nach dem Merkzeichen der Wind im Augenblicke seiner größten Mächtigkeit hineingestoßen hatte. Bei dieser Einrichtung des Instrumentes kann man also nur durch einen nachträglichen Versuch bestimmen, wie groß der Druck des Windes im Augenblicke seiner größten Mächtigkeit gegen eine ihm senkrecht entgegenstehende Ebene von bestimmter Größe war. Will man die bald steigende bald fallende Heftigkeit des Windes während seiner ganzen Dauer beobachten und so bestimmen, daß man in jedem Augenblicke angeben kann, mit welcher Kraft der Wind soeben gegen die ihm entgegenstehende Ebene drückt, so muß man das Instrument ein für allemal mit einer Scala auf der oberen Seite des vierkantigen Stabes versehen, welche angiebt, wie viel Pfund Kraft dazu gehören, um den Stab bis zu den einzelnen Theilpunkten der Scala hineinzuschieben. Die Theilpunkte werden durch Versuche mit auf die Platte aufgelegten Gewichten direct bestimmt. Man kann auch eine beliebige Scala mit gleichen Theilen auf EH verzeichnen und durch Versuche bestimmen, welche Gewichtsbestimmungen den einzelnen Theilpunkten entsprechen. Der Nullpunkt der Scala ist natürlich stets bei H.

Aus dem Drucke des Windes kann man einen Schluß auf die Geschwindigkeit desselben machen, denn jener ist lediglich eine Folge der Bewegung der Luft. Nach den Versuchen von Borda, berechnet von Valz *), steht der Druck des Windes gegen eine Fläche im quadratischen Verhältnisse mit der Geschwindigkeit desselben und in einem etwas größeren Verhältnisse als der Flächeninhalt der gestoßenen Ebene, so daß

$$y = 0{,}001289\, x^2 + 0{,}000050541\, x^3$$

ist, wenn x^2 die gestoßene Fläche in alten französischen Quadratzollen und y den Druck des Windes in alten Pariser Pfunden für eine Geschwindigkeit von 10 F. bedeutet. Auf preußisches Maß und Gewicht reducirt erhält man die Formel

$$y = 0{,}001259\, x^2 + 0{,}00004773\, x^3,$$

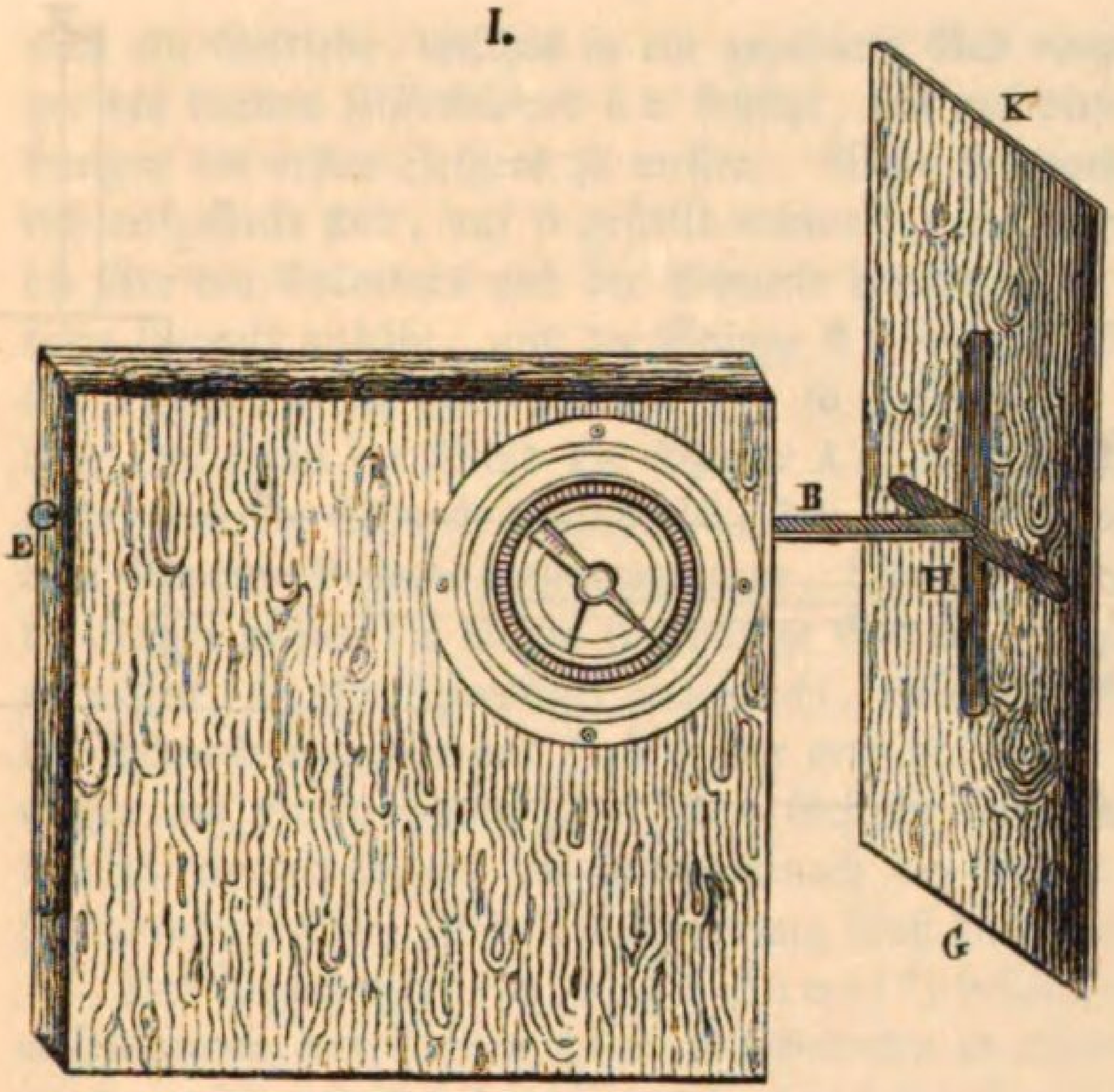
und wird nun angenommen, daß die vom Winde gestoßene Fläche = 1 Quadratfuß sei, so wäre für einen beobachteten Druck des Windes von m Pfunden die zugehörige Geschwindigkeit $v = 20{,}152 \sqrt{m}$.

Regnier **) hat an dem Bouguer'schen Anemometer einige Verbesserungen angebracht. Fig. I. zeigt das Aeußere, Fig. II. das Innere des Instrumentes. Die Tafel GK von einer gegebenen Dimension, welche dem Strome des Windes lothrecht entgegengerichtet wird, ist beibehalten. Vermittelst eines zur Steifung dienenden Kreuzes H ist diese an der Stange EB festgemacht, gegen welche die Feder AF drückt, die im gewöhnlichen Zustande gar nicht angespannt ist, um den leisesten Druck des Windes gegen die Tafel anzuzeigen; durch das Zurückgedrücktwerden der Scheibe aber widersteht sie diesem Drucke mit wachsender Spannung. Um das dieser gleichkommende Gewicht zu bestimmen, kann man Gewichtstücke auf die in

*) Zach, Correspond. Astronom. Vol. X. p. 341.

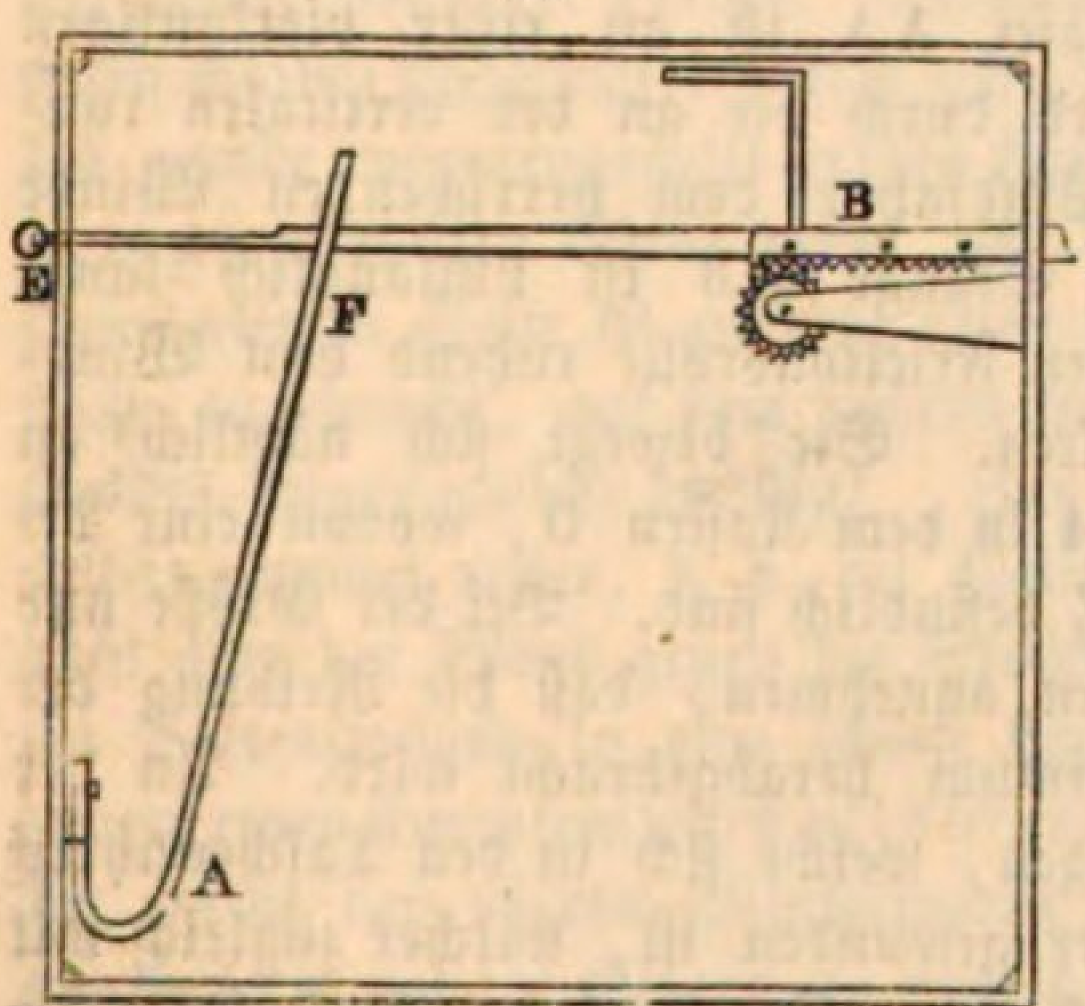
**) Bullet. de la soc. d'encouragement. N. 150. Vergl. Gehler N. A. Bd. X. S. 2157.

I.



horizontale Lage gebrachte Tafel legen oder dieselben an den Ring E hängen, welcher am Ende der Stange angebracht ist. Aus der Zeichnung ersieht man leicht den gezahnten Theil der Stange EB, welcher in ein Getriebe eingreift, an dessen Axe der außerhalb angebrachte Zeiger festsitzt. Auf dem äußeren Zifferblatte werden dann die Zahlen gezeichnet, welche den jedesmaligen Gewichten zugehören, und indem der Zeiger dann zugleich einen andern mit leichter Reibung beweglicher Zeiger vor sich her treibt, so giebt letzterer zugleich durch seinen Stand die größte Intensität an, welche der Wind während einer bestimmten Zeit erreicht hat. Der Kasten, worin sich dieser Mechanismus befindet, kann sehr flach und von bedeutender Größe sein, um zugleich selbst als Windfahne zu dienen, welche die Druckfläche der Richtung des Windes lothrecht entgegenhält. Ganz ähnlich ist ein schon früher von v. Poschmann *) für den Kaiser von Rußland ausgeführtes Anemometer.

II.

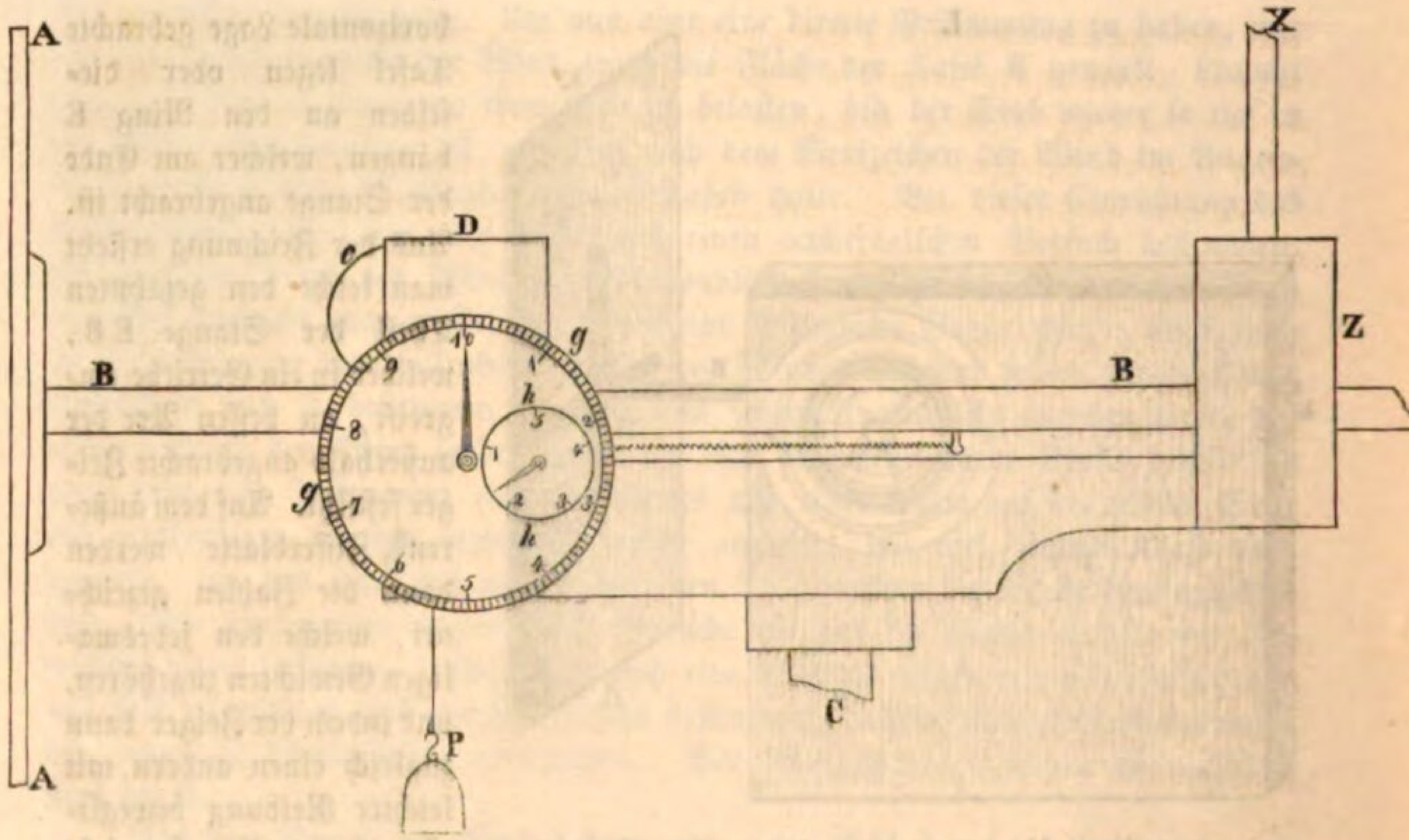


Bei Leupold's Windmaschine **) ist die bewegliche Fläche über einer Windfahne angebracht, durch welche jene stets senkrecht vor den Wind gestellt wird. Sie zieht bei ihrer Bewegung an einer Schnur, die über eine Welle gelegt ist, von welcher aus eine zweite Schnur über eine spiralförmige Bahn nach einem Gewichte senkrecht niederführt. Wird die bewegliche Stoßfläche vom Winde zurückgedrängt, so wird durch die erste Schnur die Welle gedreht und die zweite Schnur kommt dann in größere Entfernung von der Drehaxe, wodurch das Moment des Gewichtes sich vergrößert. Aus dem Wege, den die gestoßene Fläche zurücklegt, oder aus der Höhe, bis zu welcher das Gewicht gehoben wird, schließt man auf den Druck und aus diesem auf die Geschwindigkeit des Windes.

Eine weitere zwar etwas complicirte, jedoch jedenfalls sehr vortheilhafte Verbesserung hat das Bouguer'sche Instrument durch Beau-

*) Voigt's Magazin. Th. VII. S. 463.

**) Theatr. Mach. gen. C. XVIII. p. 141. Maschinen-Encycl. Bd. I. S. 226.



skop *) erfahren. Eine dünne hölzerne Tafel A A ist an einer vierkantigen horizontalen Stange B B befestigt, und wird durch die an der verticalen runden Stange X oben angebrachte große Windfahne dem herrschenden Winde stets perpendiculär entgegen gerichtet. Die Stange B B ist hinlänglich lang, um an ihrem vorderen Theile auf der unteren Frictionsrolle ruhend dem Windbrete vollkommen das Gleichgewicht zu halten. Sie bewegt sich nämlich an zwei Stellen zwischen Frictionsrollen, deren 4 in dem Kasten D, wovon eine bei c sichtbar ist, die andern 4 in dem Gehäuse Z befindlich sind. Bei der Größe und vollendeten Ausführung derselben darf man annehmen, daß die Reibung der Stange dadurch auf ein unbedeutendes Minimum herabgebracht wird. An der Stange ist eine Kette befestigt, wie diejenigen, welche sich in den Taschenuhren befinden, deren Fortsetzung um einen Cylinder gewunden ist, welcher zugleich mit einer Schnecke, wie die der Uhren, versehn ist und dessen durch das Zifferblatt g g hervorstehendes Ende einen Zeiger trägt. Eine um die Schnecke gewundene feine seidene Schnur trägt an ihrem anderen Ende das herabhängende Gewicht P, welches um so stärker auf die gemeinschaftliche Axe des Cylinders und der Schnecke wirkt, woran auch der Zeiger befestigt ist, je weiter die Windungen der Schnecke sind und je länger also der Hebelarm ist, welchen es umzudrehen das Bestreben hat. Je tiefer daher die Stange B B durch den Stoß des Windes gegen die Platte A A hineingedrückt wird, desto mehr zieht die Kette an dem umwundenen Cylinder und dreht diesen, zugleich aber auch die Schnecke, um ihre gemeinschaftliche Axe; die Schnur windet sich um zunehmend weitere Spiralen der Schnecke und strebt dem wachsenden Drucke des Windes entgegen, wodurch sich die Kraft desselben messen läßt. Jede einzelne Umdrehung der Schnecke wird durch den Zeiger des Zifferblattes g g in Hundertsteln angegeben, hinter dem Zifferblatte aber hat die Axe dieses Zeigers

*) Annals of philosophy. New Ser. T. II. p. 431. Vergl. Gehler, N. A. Bd. X., S. 2192.

noch ein Getriebe, welches in ein gezahntes Rad eingreift, auf dessen Axe der Zeiger des kleinen Zifferblattes h h festsitzt, um auf diese Weise die einzelnen Umdrehungen des ersten Zeigers zu messen. Wenn demnach die Zeiger, die wie gewöhnlich aufgesteckt sind, auf 0 gestellt werden, der Faden des Gewichtes P aber durch die Axe des Cylinders und der Schnecke herabhängt, mithin auf deren Umdrehung keine Gewalt ausübt, und die Stange B B so weit vorgeschoben wird, daß die an ihr befestigte Kette nicht gestrafft ist, so befindet sich der Apparat in Ruhe. Sobald aber dann der Wind die Scheibe A A zurückdrückt, strebt die Kette ihren Cylinder und die Schnecke umzudrehn; der sich um die Schnecke windende Faden mit dem Gewichte P strebt diesem entgegen, bis das Gleichgewicht hergestellt ist, und die Zeiger messen die diesem zugehörige Gewalt. Um das Maximum der letzteren zu wissen, ist ein Sperrkegel angebracht, welcher in den gezahnten äußersten Rand der Schnecke eingreift und diese in der erreichten Lage feststellt. Wie dieser Windmesser auf einem hinlänglich festen Gestelle leicht in horizontaler Ebene drehbar befestigt werden könne, um entweder nach der Absicht des Erfinders tragbar oder feststehend zu sein, ist in der Zeichnung bloß angedeutet.

Das Anemometer von Hugh Hamel*) besteht im Wesentlichen aus einem Parallelogramm von Stäben, welche mit Gelenken an einander so befestigt sind, daß sie sich mit der größten Leichtigkeit hin und her schieben lassen, wodurch die Winkel des Parallelogramms verändert werden. Dieses Parallelogramm ist mit einer seiner Seiten (dem einen Stabe) wagerecht befestigt, aber so, daß es mit derselben der Richtung des Windes gerade entgegengestellt werden kann. Zwei Seiten des Parallelogramms hängen in einer verticalen Ebene herab und die vierte Seite der ersten stets parallel. An dieser vierten Seite ist an dem einen Ende, das etwas vorragen kann, eine Stoßfläche angebracht, auf dem andern Ende ist ein der Stoßfläche an Schwere entsprechendes Gegengewicht befestigt. Zur Zeit der Windstille sind die Winkel des Parallelogramms rechte, d. h. die Seitenstangen hängen in der Verticallinie herab; stößt aber der Wind gegen die Stoßfläche, so weicht dieselbe zurück, zugleich gehen die Seitenstangen in eine schiefe Lage über und machen die eine einen spitzen, die andere einen stumpfen (jenen zu 180° ergänzenden) Winkel mit der horizontalen Stange. An einem der oberen Winkelpunkte des Parallelogrammes ist eine Gradtheilung angebracht, um die Winkel zu messen. Aus der Größe dieser Winkel schließt man nun auf Mächtigkeit und Geschwindigkeit des Windes. Man kann leicht bestimmen, wie groß das Gewicht sei, durch welches die ganze Vorrichtung in die den Gesetzen der Schwere gemäße Stellung (so daß die Seitenstangen rechte Winkel mit den horizontalen Stangen machen) gebracht wird, welchem also die Kraft des Windes entgegenzuwirken hat. Bezeichnet Q dieses Gewicht und a den beobachteten spitzen Winkel, welchen eine der herabgehenden Stangen mit der horizontalen Stange macht, dann ist die dem Drucke des Windes entgegenwirkende Kraft $p = Q \tang a$ und demgemäß, wenn die Stoßfläche 1 preuß. Quadratfuß groß ist, die Geschwindigkeit des Windes $v = 20,152 \sqrt{Q \tang a}$ in preuß. Fußen. Man kann auch die für verschiedene Werthe des Erhebungswinkels a geltenden Werthe von p direct durch Versuche bestimmen und hiernach eine Scale berechnen, aus welcher unmittelbar zu jedem beobachteten Erhebungswinkel a für ein bestimmtes Instrument die Windgeschwindigkeit v gefunden werden kann.

*) Philos. Mag. and Annals of Philos. 1832. Febr. p. 100. Masch.-Enc. Bd. I. S. 226.

Leupold*) schlug eine Windwage vor, an welcher ein von einer horizontalen Welle senkrecht herabgehender Arm eine dem Winde senkrecht entgegenzuhaltende Stoßfläche trug, während ein wagerechter Arm eine Wagschale hielt, in die man zur Herstellung des durch den Druck des Windes gestörten Gleichgewichtes Gewichte that, aus denen man dann die Gewalt des Windes berechnen konnte.

Die anemometrische Windfahne oder das Diplanometer von Valz**) ist eine Vervollkommnung dieses einfachen Apparates. Dieselbe beruht darauf, daß durch eine Windfahne erst die Richtung des Windes genau bestimmt und dann die Kraft gesucht wird, welche nöthig ist, um dieselbe Windfahne in einer gegen die Richtung des Windes rechtwinkeligen Stellung zu erhalten. Diese Fahne besteht aus einer kreisförmigen Metallscheibe, welche durch einen horizontalen Hebelarm mit der Spindel verbunden ist. Auf der entgegengesetzten Seite ist an der Spindel ein Hebelarm von gleicher Länge mit dem ersten angebracht, welcher an seinem Ende eine Kugel als Gegengewicht gegen die Fahne trägt. Die Spindel geht in einer kupfernen Leitung durch das Dach des Beobachtungszimmers, ruht unten mit einem Zapfen in einer Pfanne und ist unmittelbar über demselben mit einem Pfeile versehen, durch welchen auf einer darunter angebrachten Windrose die Windrichtung genau angegeben wird. Um auch die Grenzen der Richtungsveränderung in der Beobachtungszeit zu erhalten, steht an der Windrose zu jeder Seite des Pfeiles ein Laufzeiger. Ueber dem Pfeile ist ferner eine Rolle mit der Spindel verbunden, auf deren Spur eine Seidenschnur aufgewunden ist; die letztere geht über eine Leitrolle senkrecht nieder und kann nach Erfordern mit einer tieferstehenden Federwage verbunden werden, deren Zeiger die Kraft bestimmt, mit welcher die Schnur angezogen werden muß, um die Windfahne in einer bestimmten Richtung und daher auch dem Drucke des Windes das Gleichgewicht zu halten. Hat man nun den mittleren Stand der Windfahne zu einer bestimmten Zeit beobachtet, so dreht man die Fahne um einen rechten Winkel herum und fixirt sie in dieser Stellung dadurch, daß man die Schnur mit der Feder verbindet; die Angabe der Federwage läßt dann einen Schluß auf die Größe des Druckes und der Geschwindigkeit des beobachteten Windes zu. Es ist hierbei am vortheilhaftesten, die Dimensionen der unten angebrachten Rolle so einzurichten, daß durch die Angabe der Federwage sogleich direct der Druck des Windes auf die Einheit der Stoßfläche, die hier wieder ein preuß. Quadratfuß sein mag, bestimmt wird. Ist daher r der Halbmesser der vom Winde getroffenen Stoßfläche r_1 der der Kugel, welche der Windfahne das Gleichgewicht hält, R der Halbmesser der an der Spindel angebrachten Rolle, e der Abstand des Mittelpunktes der Stoßfläche von der Umdrehungsaxe, e_1 der Abstand des Mittelpunktes der Kugel von der Umdrehungsaxe und S die Einheit der Stoßfläche (also hier 1 Quadratfuß), so wird $R = \frac{\pi(e r^2 - 0{,}4 e_1 r_1^2)}{S}$, wobei $r^2 \pi$ seiner Größe nach nur wenig von S unterschieden sein darf. Wenn man für schwachen Wind größere Genauigkeit und für starken Wind weniger schwankende Resultate verlangt, kann man zwei Rollen anbringen, von denen die eine etwa halb so groß, die andere doppelt so groß ist, als der berechnete Halbmesser for-

*) Theatr. mach. gen. C. XVIII. p. 144.
**) Zach, corresp. astron. Vol. X. p. 339. Masch.-Encycl. Bd. I. S. 227.

dert; man hat dann für geringere Windgeschwindigkeit die kleinere, für größere Windgeschwindigkeit die größere Rolle zu wählen und die an der Federwage erhaltenen Resultate im ersten Falle doppelt, im zweiten halb zu nehmen. Ist die Federwage nach preuß. Pfunden justirt und nennt man die jedesmalige corrigirte Angabe derselben p, so ist auch hier die Windgeschwindigkeit $v = 20{,}152\sqrt{p}$.

Eine sich durch Einfachheit auszeichnende anemometrische Vorrichtung ist das Pendel mit einer an seinem Ende angebrachten Kugel. Die Pendelstange ist so mit einer Windfahne in Verbindung gebracht, daß die Ebene, in welcher sie sich um ihre Drehungsaxe bewegen kann, mit der Ebene der Windfahne zusammenfällt, also durch diese stets in der Richtung des Windes erhalten wird. Das Pendel ist über seinen Drehungspunkt hinaus so weit verlängert, daß beide Arme desselben sich das Gleichgewicht halten, also gegen beide Arme der Druck des Windes, der sie nach entgegengesetzten Seiten zu drehen sucht, gleich ist, und diese Arme sind nach der Windseite zu zugeschärft, um den Druck des Windes gegen sie zu vermindern. An dem einen Ende des Hebels aber ist eine Kugel befestigt, welche der Schwere gemäß herabhängt und das Pendel zur Zeit der Windstille in perpendiculäre Stellung bringt. Der Wind drückt gegen die Kugel, deren dem Winde zugekehrte Stoßfläche sich stets gleich bleibt, während der Winkel, welchen die Pendelstange mit der perpendiculären Linie macht, sich fortwährend ändert, je nachdem die Kraft des Windes zu- oder abnimmt. Eine Gradeintheilung, deren Mittelpunkt in dem Drehungspunkte des Pendels, deren Nullpunkt in der perpendiculären Linie von diesem Punkte liegt, ist so angebracht, daß man an ihr die Winkel, welche die Pendelstange macht, ablesen kann. Ist Q das auf den Mittelpunkt des Stoßes reducirte Gewicht des Pendels und α der Erhebungswinkel, so ist die dem Drucke des Windes entgegenwirkende Kraft $= Q \tang \alpha$. Die Wirkung des Windes auf die Oberfläche der Kugel mit dem Halbmesser r bei der Geschwindigkeit v ist aber nach Schmidt *) $= r^2 \pi b w \left(\frac{q}{2} + \frac{q^2}{2.\ 3} + \frac{q^3}{2.\ 3.\ 4} + \ldots.\right)$, wo b den Barometerstand in preuß. Zollen, w das Gewicht eines preuß. Cubikzolles Quecksilber bei 0° Temperatur und $q = \frac{v^2}{499080}$ ist. Wird $w = 0{,}51786$ Pfund und b zu 28 Pariser Zoll angenommen, so wird mit Vernachlässigung aller höheren Potenzen von v, welche bei geringer Windgeschwindigkeit keinen Einfluß üben, $Q \tang \alpha = 0{,}000047235\ r^2 v^2$ und $v = \frac{145{,}502}{r} \sqrt{Q \tang \alpha}$.

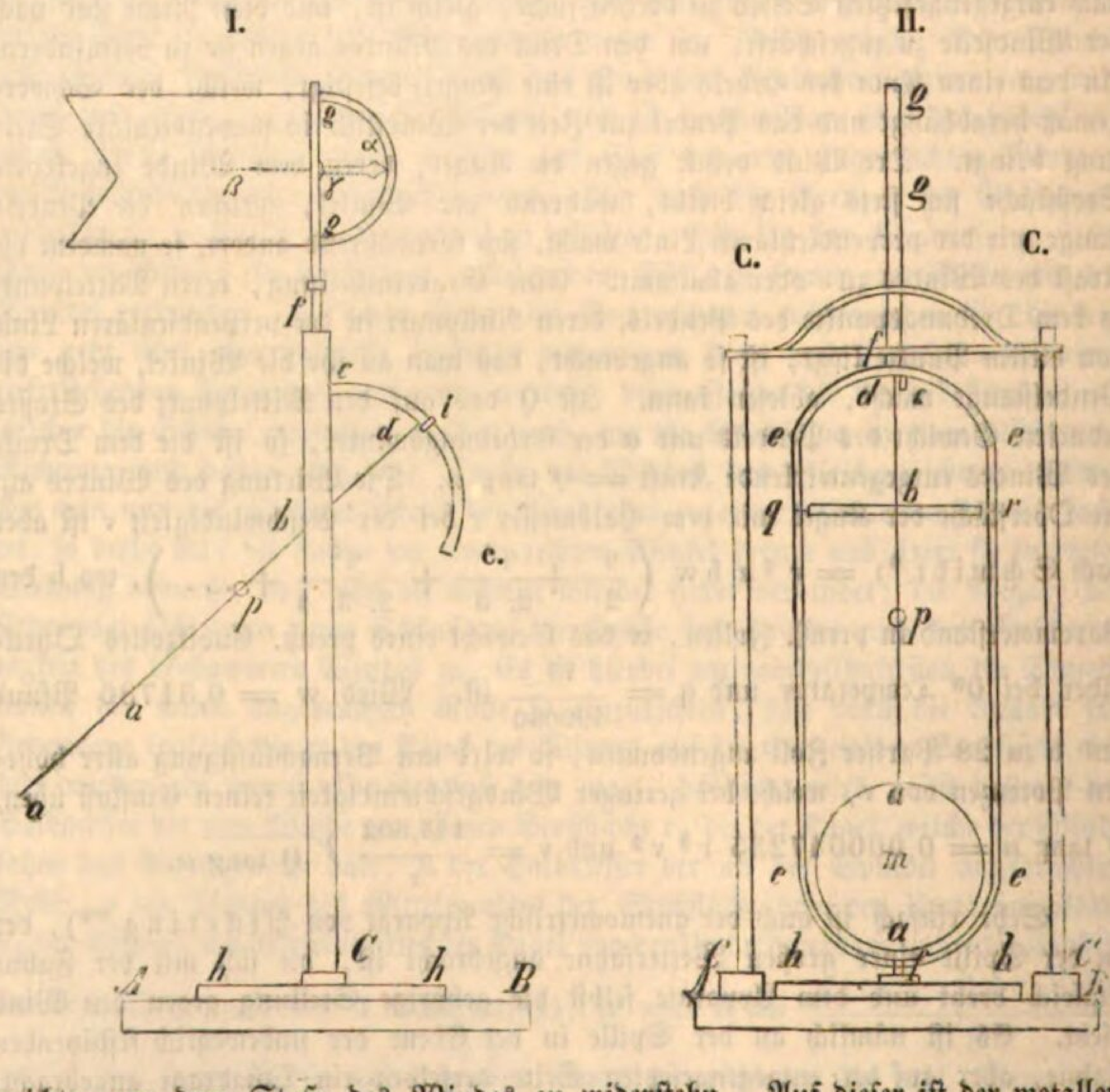
Sehr einfach ist auch der anemometrische Apparat von Pickering **), der an der Spille einer großen Wetterfahne angebracht ist, die sich mit der Fahne zugleich dreht und dem Apparate selbst die gehörige Stellung gegen den Wind giebt. Es ist nämlich an der Spille in der Ebene der unbeweglich festsitzenden Fahne, aber auf der entgegengesetzten Seite derselben ein Quadrant angebracht, um dessen Mittelpunkt (von welchem aus er construirt ist) ein gabelförmiger Zeiger sich drehen kann, der an seinen unteren Enden, mit denen er über die Gradtheilung des Quadranten vorragt, eine Blechtafel trägt, — die Stoßfläche des Anemometers.

*) Theorie des Widerstandes der Luft. Göttingen, 1831. S. 55.
**) Philos. Transact. Tom. XLIII. N. 473. p. 9.

Diese wird vom Winde je nach seiner Stärke um einen mehr oder weniger großen Winkel gehoben, den man beobachtet. Der Quadrant ist durch eine horizontale Querstange befestigt, die über denselben etwas vorragt, um zu verhindern, daß die Stoßfläche durch einen plötzlichen Stoß des Windes um mehr als 90° emporgeschleudert werde.

Ganz ähnlich ist Oertel's Anemometer, nur daß bei diesem die Drehungsaxe der Stoßscheibe ein senkrecht auf der Spille der Fahne befestigter Stab ist und der Quadrant durch eine Oeffnung in der Scheibe selbst hindurch geht *). Die ähnlichen Vorrichtungen, welche Herrmann **) und Dalberg ***) vorgeschlagen haben, übergehe ich als zu wenig praktisch.

Der vorzüglichste noch hierher gehörige anemometrische Apparat ist von G. G. Schmidt †) angegeben. Das Anemometer desselben besteht aus einer quadratischen Platte AB Fig. I. und II. von starkem Holze und hinlänglichem Ge-



wichte, um dem Stoße des Windes zu widerstehn. Auf dieser ist der metallene Rahmen CCCC lothrecht aufgerichtet, in welchem sich ein zweiter Rahmen von

*) Goth. Mag. Th. VI. St. 1. S. 89.

**) Mechan. verbess. Wind-, Regen- und Trockenheitsbeobachter. Freib. u. Annab. 1789. Gehler N. A. Bd. X. S. 2155.

***) Aném. propre aux amateurs de météor. Erf. 1781.

†) Pogg. Ann. Bd. XIV. S. 59.

dünnen Metallstäben e e e e mit seiner Are g g f f leicht dreht, an deren oberem Ende g g die Windfahne befestigt ist, welche die Fläche dieses Rahmens der Richtung des Windes stets lothrecht entgegenstellt. Am untern Ende der Are ist ein Zeiger befestigt, welcher sich über der um ihre Are drehbaren Windrose h h bewegt, um den Apparat stets so zu richten, daß der Wind gegen die Fläche des Rahmens C C C C bläst, ohne durch die verticalen Stäbe gehindert zu werden. Die Windrose wird dann mittelst einer Magnetnadel orientirt. Quer durch den beweglichen Rahmen e e e e geht eine feine stählerne Are q r, an welcher das bewegliche Pendel d b a a festsitzt. Der untere Theil dieser Pendelstange b a ist keilförmig zugeschärft, der obere Theil b d dagegen ist etwas breiter, so daß der Stoß des Windes gegen beide sehr nahe gleich und der Einfluß dieser Stange daher beseitigt wird. Die Scheibe m aus dünnem Messingblech ist dazu bestimmt, die Stärke des Windstoßes zu messen; ihr Durchmesser betrug 0,15 Meter, die Länge der Pendelstange b m 0,3 Meter. Der Winkel, bis zu welchem der Wind die Scheibe m hob, wurde mittelst des Armes b d an einem Gradbogen c c gemessen, welcher am oberen Theil f des Rahmens e e e e, auf dessen Fläche lothrecht, befestigt war. Auf dem Gradbogen befand sich zugleich ein leicht beweglicher, sogenannter fliegender Inder i, welcher durch die Spitze des Hebelarmes fortgeschoben in der größten erreichten Entfernung stehn blieb; doch muß man sich dieses Mittels nur bedienen, um plötzliche und heftige Windstöße zu messen, da die gewöhnlichen geringeren Oscillationen leichter und besser am Kreisbogen unmittelbar abgelesen werden. Am unteren Theile der Pendelstange befindet sich ein verschiebbares Bleigewicht p, 2 Loth schwer, von der Gestalt einer flachen Linse, welches dazu dient, den veränderlichen Schwerpunkt des Pendels zu reguliren und dadurch dasselbe Pendel für schwächere und stärkere Winde mehr und minder empfindlich zu machen. Das Gewicht hat meistens die Lage, daß der gemeinschaftliche Schwerpunkt zwischen b und m fällt und somit das Gesammtgewicht des Pendels = 5,104 Loth Cöln. auf den Mittelpunkt der Stoßfläche reducirt mit 2,552 Loth in Rechnung kommt. An der bei g g angebrachten vertical gerichteten Fahne hat Schmidt noch eine Vorrichtung angebracht, um die Abweichung der Windrichtung von der horizontalen Richtung beobachten zu können. Diese Einrichtung ist durch die punktirten Linien (Fig. I.) angedeutet. Sie besteht aus einer horizontalen Windfahne β, deren Ebene auf die der verticalen Fahne senkrecht gerichtet ist. An dieser, die sich in ihrem Schwerpunkte bei γ leicht in verticaler Ebene bewegt, befindet sich ein des Gleichgewichtes wegen mit dem Gewichte α beschwerter Zeiger, welcher auf dem Gradbogen gg die Neigung der Fahne gegen den Horizont und somit die Neigung der Windrichtung angiebt.

Ist der Neigungswinkel des Pendels gegen die Verticallinie, unter welchem es mit dem Windstoße ins Gleichgewicht tritt, $= \alpha$, sein auf den Mittelpunkt der Stoßfläche reducirtes Gewicht $= Q$, so ist unter der Voraussetzung, daß der schiefe Stoß den Gesetzen der Zerlegung der Kräfte folge, der Stoß des horizontal wehenden Windes, welchen das Pendel aufnimmt, $= \frac{Q \sin \alpha}{\cos \alpha^2}$, daher (wenn die Stoßfläche etwa 1 Quadratfuß groß ist) die Windgeschwindigkeit $v = \frac{20,152}{\cos \alpha} \sqrt{Q \sin \alpha}$, und bei einem Windstoße, welcher unter dem Winkel β gegen den Horizont geneigt ist, $v = \frac{20,152}{\cos (\alpha + \beta)} \sqrt{Q \sin \alpha}$ oder $= \frac{20,152}{\cos (\alpha - \beta)} \sqrt{Q \sin \alpha}$, je nachdem durch

β die Neigung des Windstoßes gegen die Stoßebene vermehrt oder vermindert wird. Schmidt hat zur Benutzung seines Anemometers nachfolgende Tabelle berechnet, welcher diejenigen Versuche zu Grunde gelegt sind, die Bossut *) über den Widerstand des Wassers beim schiefen Stoße bekannt gemacht hat, indem nach seinen eigenen Versuchen **) die Bewegungsgesetze elastischer Flüssigkeiten, soweit sie von Druck und Schwere abhängen, denen der tropfbaren ganz analog sein sollen.

Winkel	Stoß	Geschwindigkeit	Winkel	Stoß	Geschwindigkeit
Grad	Loth	Zoll	Grad	Loth	Zoll
1	0,0449	21,84	46	3,253	185,88
2	0,0899	28,59	47	3,372	189,36
3	0,1339	35,34	48	3,419	192,84
4	0,1798	42,09	49	3,626	196,32
5	0,2248	48,84	50	3,716	199,80
6	0,2697	52,91	51	3,896	203,16
7	0,3150	56,98	52	4,031	206,52
8	0,3603	61,05	53	4,116	209,88
9	0,4056	65,12	54	4,301	213,24
10	0,4509	69,20	55	4,421	216,60
11	0,4961	72,55	56	4,540	219,44
12	0,5414	75,90	57	4,660	222,28
13	0,5929	79,25	58	4,779	225,12
14	0,6444	82,60	59	4,896	227,96
15	0,6959	85,95	60	5,018	230,80
16	0,7474	89,12	61	5,098	232,62
17	0,7989	92,29	62	5,187	234,44
18	0,8504	95,46	63	5,258	236,26
19	0,9135	98,63	64	5,338	238,08
20	0,9766	101,80	65	5,418	239,90
21	1,0397	104,78	66	5,498	241,28
22	1,1082	107,76	67	5,559	242,66
23	1,1659	110,74	68	5,621	244,04
24	1,2290	113,72	69	5,682	245,42
25	1,2830	116,70	70	5,737	246,80
26	1,3376	119,68	71	5,799	247,92
27	1,3919	123,02	72	5,860	249,04
28	1,4462	126,18	73	5,907	250,16
29	1,6007	129,34	74	5,955	251,28
30	1,6550	132,50	75	6,002	252,40
31	1,7401	135,72	76	6,049	253,28
32	1,8252	138,94	77	6,097	254,16
33	1,9103	142,16	78	6,144	255,04
34	1,9954	145,38	79	6,179	255,92
35	2,0805	148,60	80	6,214	256,80
36	2,1660	151,94	81	6,249	257,46
37	2,2680	155,28	82	6,284	258,12
38	2,3700	158,62	83	6,318	258,78
39	2,4720	161,96	84	6,354	259,44
40	2,5740	165,30	85	6,372	260,10
41	2,6760	168,72	86	6,390	260,46
42	2,7780	172,14	87	6,408	260,82
43	2,8970	175,56	88	6,425	261,18
44	3,0160	178,98	89	6,442	261,54
45	3,1350	182,40	90	6,460	261,90

*) Bossut, Hydrodynamik. Theil 2. **) Gilberts Ann. Bd. LXVI. S. 39.

Das wesentlichste Stück des Anemometers von Lomonosow*) ist ein aus radialen Schaufeln von Blech verfertigtes Rad, welches in einer kastenförmigen Windfahne so angebracht ist, daß es stets nur mit seinen zu oberst stehenden Schaufeln aus dem Kasten vorragt und daß seine Umdrehungsaxe senkrecht auf die Windrichtung zu stehen kommt, sobald sich die Fahne in diese einstellt. Das Rad wird durch den Wind im Verhältniß seiner Stärke in Umdrehung gesetzt. Die weitere Vorrichtung zur Beobachtung und Selbstregistrirung des Instruments ist viel zu complicirt, um brauchbar zu sein.

Einer anderen Radvorrichtung hat sich Hirschmann**) bedient. Das Anemometer desselben besteht nämlich aus einem kleinen Rade, welches einem oberschlächtigen Wasserrade ähnlich geschaufelt ist und an einer senkrechten Welle sich dreht. An dem Umfange des Rades ist ein halbcylinderförmiger Mantel angebracht, welcher sich um die Axe des Rades dreht und mit einer Windfahne so in Verbindung steht, daß durch die letztere, wenn sie sich in den Wind stellt, stets die Hälfte des Rades durch den Mantel verdeckt wird und daher der Windstoß nur gegen die andere Hälfte sich geltend machen kann. Die Umdrehungen dieses Rades werden durch einen Zählapparat abgenommen, welcher aus mehren verbundenen Zahnrädern bestehen kann, ähnlich wie der bei dem Woltmann'schen Flügel (s. d. Folg.) beschriebene, und aus der Umdrehungszahl des Rades wird auf die Windgeschwindigkeit geschlossen. Eine weitere Vorrichtung soll das Instrument zu einem selbstregistrirenden machen. — Das Dinglinger'sche***) Anemometer besteht aus einem dem eben erwähnten ähnlichen Rade an verticaler Axe. Dasselbe steht in einem cylindrischen Gehäuse, dessen Seitenwand aus Blechtafeln besteht, die sämmtlich mit der Tangente des umschließenden Cylinders einen gleichen Winkel bilden oder den äußeren Schaufeln eines oberschlächtigen Rades im Durchschnitte gleichen, so daß der in irgend einer Richtung wehende Wind nur auf einer Seite zwischen diesen Blechtafeln eintritt, auf der andern Seite aber abgleitet. An der Welle des durch den so eintretenden Wind getroffenen Rades befindet sich ein spiralförmiger Kamm, von welchem eine Schnur über eine Rolle nach einem Gewichte geht; je höher das Gewicht gehoben ist, von einem desto längeren Hebelarme geht die Schnur aus, desto größer ist daher auch das Moment desselben, und das Rad ist hiernach nicht zu einer stetigen Bewegung eingerichtet, sondern dreht sich nur so weit, bis der Stoß des Windes auf die Schaufeln des eingeschlossenen Rades dem Momente des Gewichtes gleich wird.

Das Anemometer, welches Christ. Wolff†) angegeben, besteht seinen wesentlichen Theilen nach aus einem kleinen Rade mit Windmühlenflügeln, welches durch eine Windfahne gegen den Wind eingestellt wird. Der hintere Theil der Windfahne bildet einen flachen Kasten, in welchem sich die weiter zu beschreibenden Theile des Apparates befinden. Diese sind zunächst eine Welle, an welcher sich die Windmühlenflügel befinden und welche sich mit diesen umdreht. An dem im Kasten gelegenen Theile dieser Welle befindet sich eine Schraube ohne Ende, welche in die Zähne eines Zahnrades eingreift und dieses umdreht, sobald sich die

*) Novi comment. Petrop. T. II. p. 128. Gehler N. A. Bd. X. S. 2162.

**) Allgem. Maschinen-Encycl. Bd. I. S. 234.

***) Leupold Theatr. mach. gen. c. XVIII. p. 133. Allgem. Maschinen-Encycl. Bd. I. S. 234.

†) Elementa math. univ. Hal. 1743. T. II. p. 405. Gehler N. A. Bd. X. S. 2159.

Windmühlenflügel bewegen. Es ist aber an dieses Rad eine Stange befestigt, welche an ihrem Ende ein Gewicht trägt. Diese Stange mit dem Gewicht hängt ursprünglich senkrecht herab, sobald aber der Wind gegen die Windmühlenflügel wirkt und diese das Zahnrad zu drehen anfangen, hebt sich die Stange mit dem Gewicht um einen Winkel gegen die frühere Richtung. Den Gesetzen des Hebels gemäß ist die Gegenwirkung des Gewichtes um so stärker, je größer der erwähnte Winkel wird, um welchen sich die Stange hebt. Das Gewicht hält endlich der Kraft des Windes das Gleichgewicht. Man kann folglich aus der Größe des Winkels einen Schluß auf die Stärke des Windes machen. Da das Gewicht am Hebelarme nicht im Stande ist, das Rad zurückzudrehen, nachdem der Druck des Windes nachgelassen hat, indem alsdann die Schraube ohne Ende der Rückdrehung Widerstand leistet, so giebt die Stellung des Hebelarmes mit dem Gewicht, wenn man das Instrument von Zeit zu Zeit beobachtet, das Maximum an, welches die Kraft des Windes in der Zwischenzeit erreicht hatte. Da das Rad mit dem Hebel im erwähnten Kasten eingeschlossen ist, so kann man die Stellung des Hebels nicht leicht beobachten, deswegen ist die Axe des Rades etwas verlängert, so daß ihr eines Ende etwas über das Bret des Kastens hervorragt, und an diese Vorragung ist ein Zeiger befestigt, welcher dem Hebelarm im Innern genau parallel ist, also alle Stellungen des letzteren äußerlich anzeigt. Ist nun auf dem Kastenbret noch eine Gradeintheilung angebracht, deren Nullpunkt die verticale Stellung des Zeigers bezeichnet, so kann man bequem die Winkel ablesen, um welche inwendig der Hebel durch den Winddruck aus der verticalen Stellung gebracht wird. Die schwache Seite dieser Vorrichtung ist, daß sich auf rationellem Wege schwerlich bestimmen läßt, welche Windstärken den Beobachtungswinkeln entsprechen. Man könnte dieses Anemometer vielleicht nach einem B o u g u e r'schen Instrumente reguliren. Ein anderer Uebelstand ist, daß das Instrument die Schwankungen in der Windstärke gar nicht angiebt, sondern nur die Maxima, indem der Hebel bei nachlassendem Winddrucke zur verticalen Stellung nicht zurückgeht. Diesem Uebelstand ließe sich abhelfen, wenn man nach L e u p o l d's *) Vorschlage statt des Hebels mit dem Gewichte (und statt der Schraube ohne Ende mit Zahnrad) die Welle der Windmühlenflügel mit einer conischen Spindel (wie die Schnecken der Uhren) versähe, und über diese eine Schnur mit einem Gewichte so wickelte, daß sich beim Umdrehen der Spindel durch die Gewalt des Windes der Angriffspunkt der Gewichte mit der Schnur immer weiter vom Drehungspunkte entfernte, bis endlich das Gewicht dem Winddrucke das Gleichgewicht hielte.

Eine andere Verbesserung rührt von S c h o b e r **) her. Hier ist das durch die endlose Schraube der Flügelwelle bewegte Zahnrad mit einer Anzahl von Stiften versehn, welche einen Hammer heben, der nach je 6 oder 12 Umdrehungen der Welle einen Schlag auf eine Glocke giebt. Je schneller die Windmühlenflügel sich umdrehn, desto schneller folgen die Glockenschläge auf einander. S c h o b e r war bemüht, den Neigungswinkel der Flügel gegen die Windrichtung zu finden, bei welchem der Schwerpunkt jedes Flügels einen ebenso großen Weg bei seiner Umdrehung zurück legt, als der die Umdrehung bewirkende Windstrom. Er glaubte diesen Winkel zu 52° bestimmen zu können.

---

*) Theatr. mach. gen. C. XVIII. p. 134.

**) Hamb. Mag. Bd. IX. St. 2 und 3.

Pelisson *) ließ von dem geschickten Uhrmacher Droz ein Anemometer anfertigen, welches aus vier kleinen Windmühlenflügeln und einer beweglichen horizontalen Axe bestand, die durch eine geeignete Windfahne jederzeit dem herrschenden Winde entgegengehalten und durch diesen umgetrieben wurden. Die Axe war mit einem Ansatze versehen, welcher bei jedem Umlaufe ein gezahntes Rad mit 100 Zähnen um einen Zahn weiter rückte, wodurch zugleich ein Hammer gehoben wurde, welcher sich nach einer ganzen Umdrehung dieses Rades auslöste und gegen eine Glocke schlug. Hiernach erfolgte bei je 100 Umläufen der Windmühle ein Schlag, und je öfter solche Schläge in einer gegebenen Zeit erfolgten, desto heftiger wehte der Wind.

Dem Wolff'schen Instrumente verwandt ist auch das von Leutmann angegebene Anemometer **). Derselbe wählte eine vertical stehende, oben und unten mit conischen Spitzen in Vertiefungen leicht und mit geringer Reibung bewegliche Axe. Am oberen Ende derselben befinden sich zwei einander parallele, um eine angemessene Höhe von einander abstehende Scheiben, zwischen denen, je nach der Größe, acht oder mehrere vertical stehende, sämmtlich nach einer Seite gekrümmte Bleche befestigt sind, die demnach eine Art von Trommel bilden. Indem dann der Wind, von welcher Seite er auch wehn mag, an den convexen Krümmungen abgleitet, sich dagegen in den durch die Bleche gebildeten Höhlungen fängt, treibt er diese Trommel stets nach der nämlichen Richtung um ihre verticale Axe. Die Trommel befindet sich über einem Kasten, in welchem der übrige Mechanismus angebracht ist; sie selbst bietet dem Winde von allen Seiten freien Zutritt dar, indem bloß zwei vertical aufgerichtete Stangen oben einen Querbalken tragen, in dessen Mitte sich die Vertiefung befindet, worin die obere Spitze der cylindrischen Axe läuft. Einige Zoll unter der oberen Decke des Kastens ist an der Axe eine Schnecke mit einer spiralförmigen Windung befestigt, um welche sich eine Schnur schlingt, bis die größeren Radien der Schnecke einen so starken Widerstand leisten, daß der Wind denselben nicht weiter überwinden kann. Die Schnur läuft von der Schnecke an über eine in verticaler Ebene angebrachte Rolle, dann über eine zweite gleichfalls verticale, die mit der ersten zwei rechte Winkel bildet, ist dann um eine Trommel geschlungen und am andern Ende mit einem angemessenen Gewichte beschwert. Die Axe dieser Trommel geht durch die eine Seitenwand des Kastens, und trägt an ihrem Ende einen Zeiger vor einer getheilten Scheibe, auf welcher man vom Nullpunkte oder der gänzlichen Windstille, dem Stillstande der Trommel, anfangend die jedesmalige Stärke des Windes abliest. Um aber zugleich das Maximum der Intensität auch dann zu kennen, wenn dieses in der Abwesenheit des Beobachters stattgefunden hat, schiebt der erste Zeiger mittelst eines kleinen Zapfens einen zweiten leicht beweglichen Zeiger vor sich hin und läßt ihn auf derjenigen Stelle stehn, die das jedesmalige Maximum angiebt.

Durch besondere Zweckmäßigkeit zeichnet sich die Einrichtung des hydrometrischen Flügels von Woltmann oder des Woltmann'schen Flügels***) (franz. moulinet de Woltmann) aus, welcher bestimmt ist, die Geschwindigkeit des fließenden Wassers sowohl, als auch des Windes zu messen. Hülsse †) hat dem

*) Beobachtungen und Entdeckungen aus der Naturkunde von einer Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin. 1790. Th. 10.

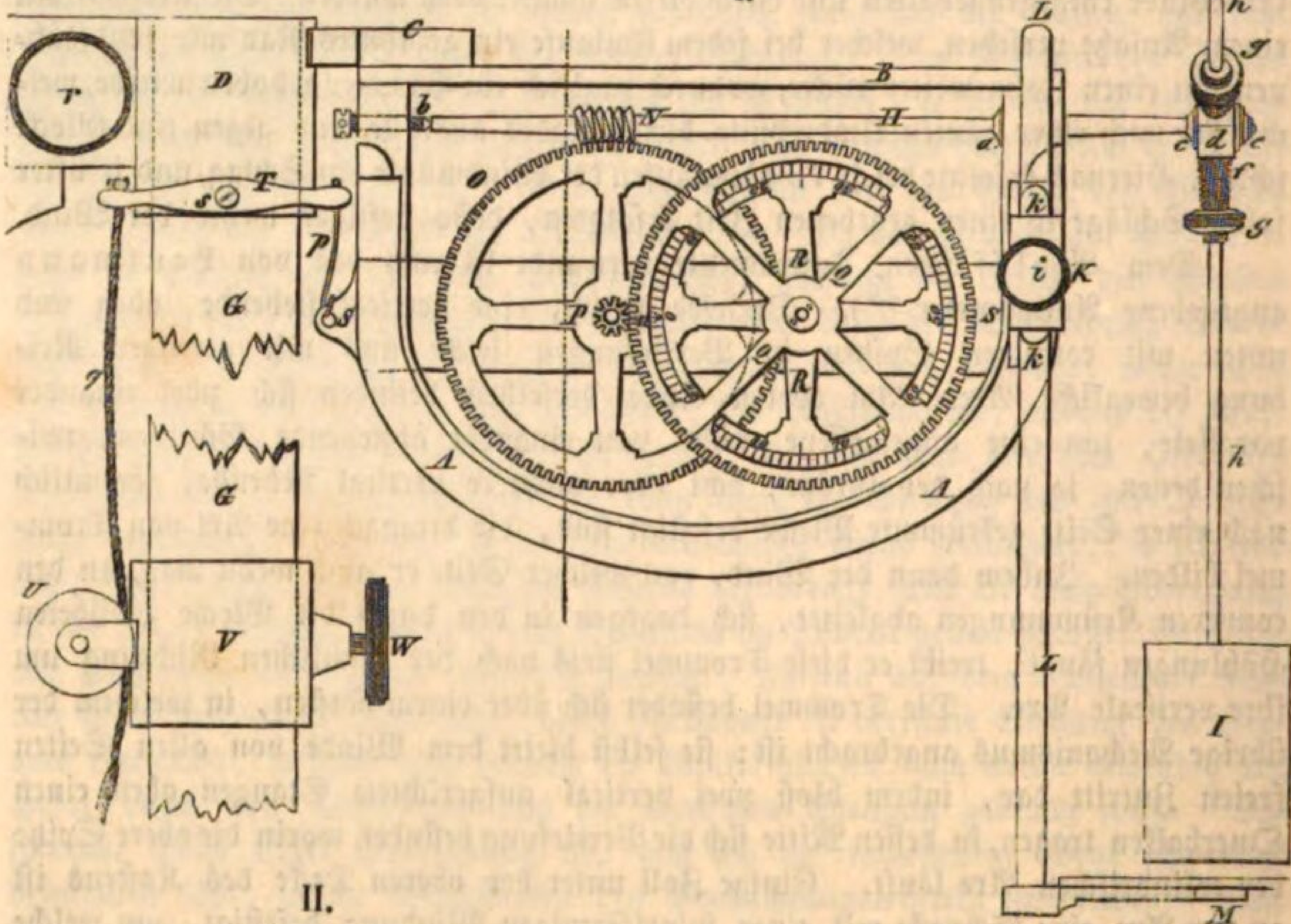
**) Instrumenta meteorologiae inservientia. Wittenb. 1725. p. 116. Gehler N. A. Bd. X. S. 2160.

***) Theorie u. Gebrauch des hydrometr. Flügels ꝛc. Hamb. 1792. 2. Aufl. 1835.

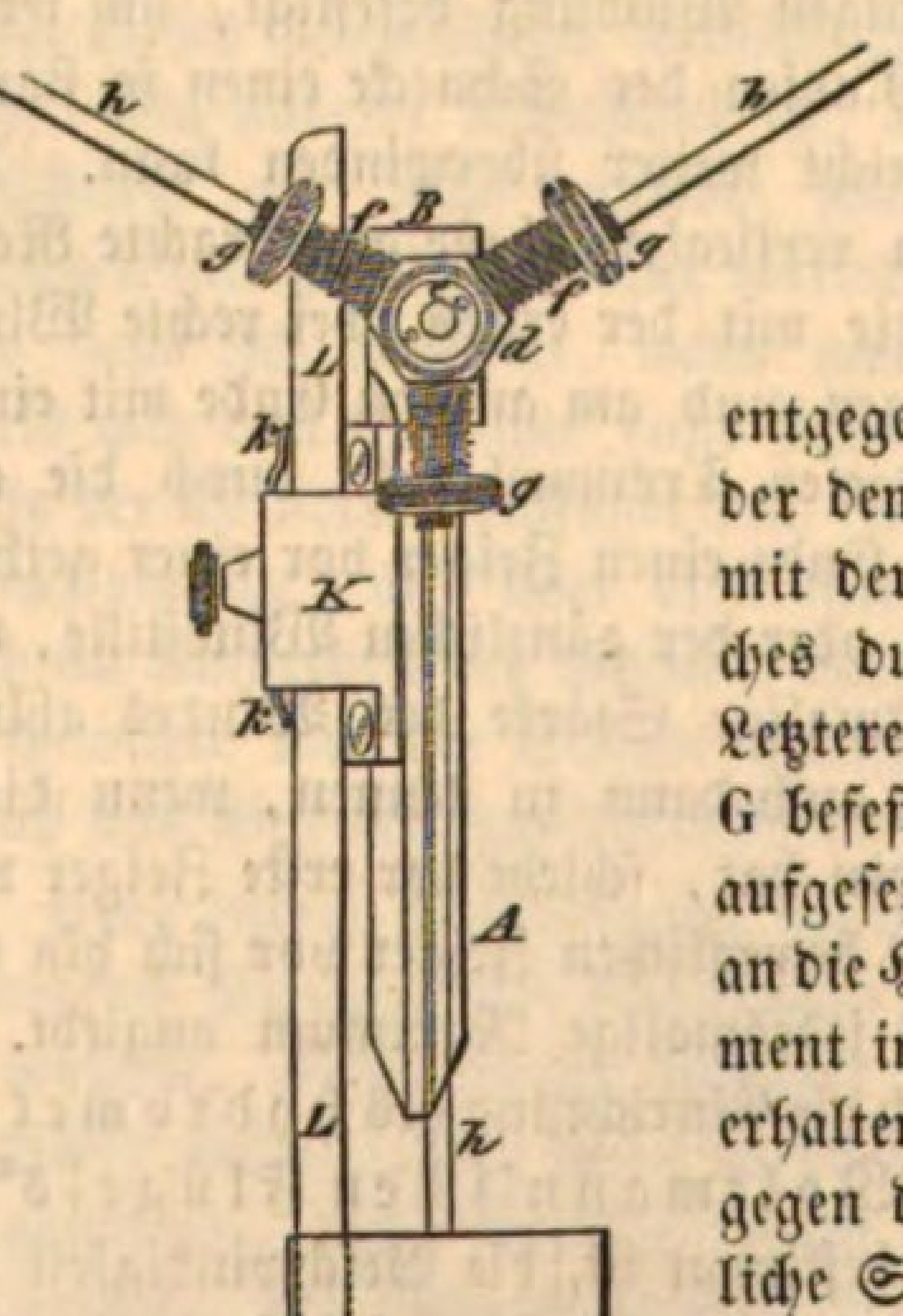
†) Allg. Masch.-Encycl. Bd. I. S. 236. Vergl. Polyt. Centralbl. 1837. S. 383.

Woltmann'schen Flügel folgende Einrichtung gegeben. Fig. I., II., III., IV. zeigen das Instrument in seinen einzelnen Theilen. Fig. I. ist eine Seitenansicht; Fig. II.

I.

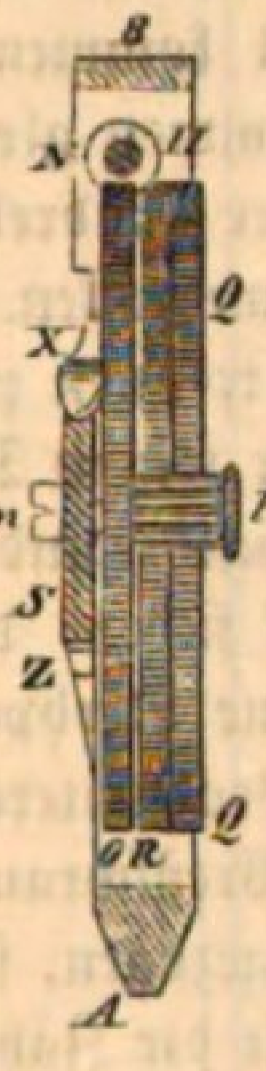


II.

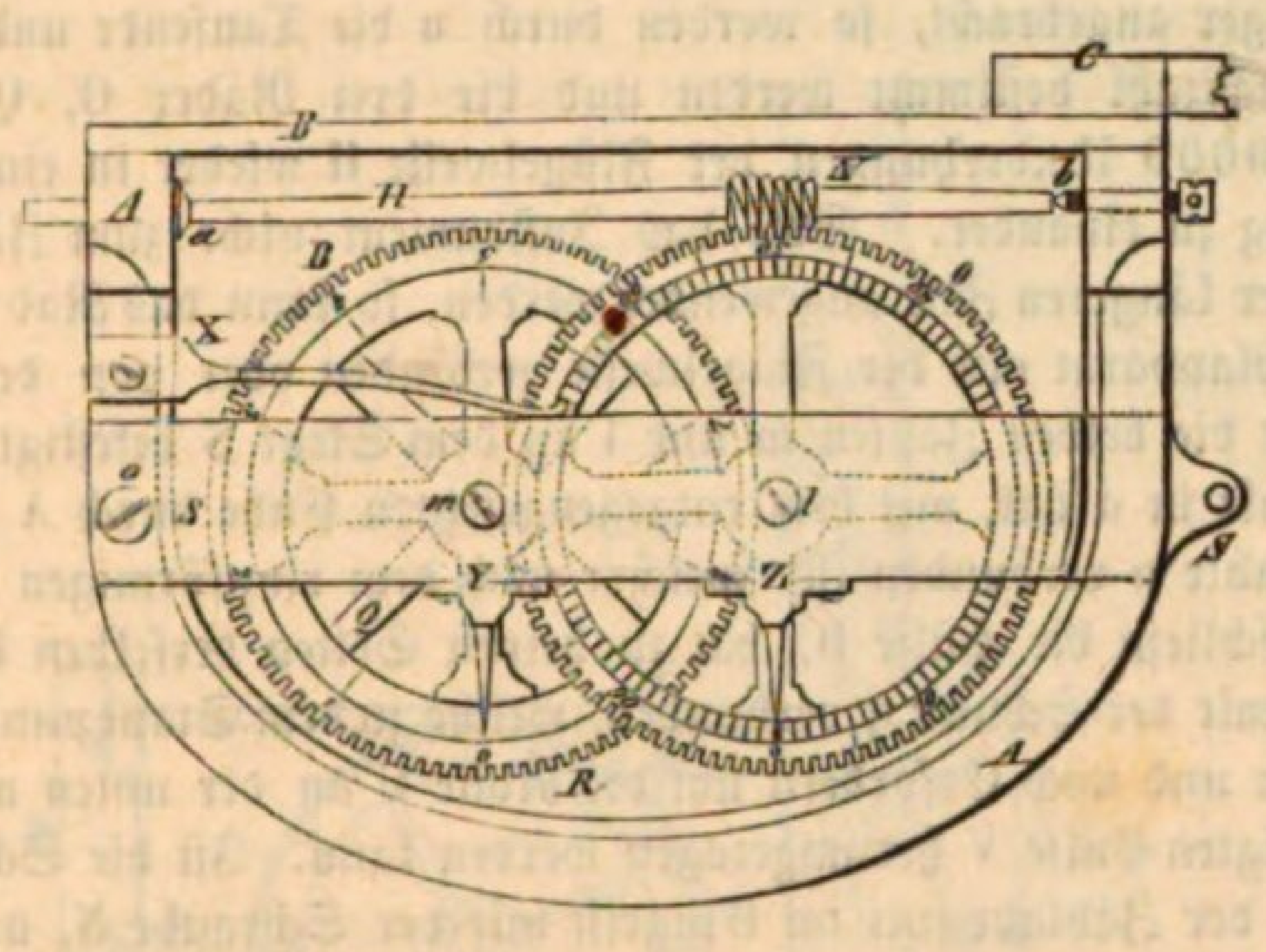


eine Vorderansicht; Fig. III. ein Durchschnitt parallel mit Fig. II. nach der punktirten Linie in Fig. I., und Fig. IV. die Ansicht der Fig. I. entgegengesetzten Seite. Der Bügel A A, welcher an der dem Winde zugekehrten Seite zugeschärft ist, bildet mit der auf ihn geschraubten Platte B das Gestell, welches durch den Ansatz C an die Hülse D befestiget ist. Letztere läßt sich durch eine Preßschraube an den Stab G befestigen, und kann auch auf einen Ansatz von G so aufgesetzt werden, daß durch eine mit der Schraube r an die Hülse D angeschraubten großen Fahne das Instrument immer in den Wind gerichtet und in demselben erhalten wird; das Gewicht des Instrumentes ist so gegen das der Fahne bestimmt, daß der gemeinschaftliche Schwerpunkt ungefähr in die Mittellinie von G fällt. In dem Bügel A liegt oben die Stahlwelle H, welche bei a mit einem Gestemme versehen ist, bei b sich mit einem conischen Loche gegen die gehärtete Spitze der Schraube b stemmt, und zwischen a und c so in ein gut polirtes Lager von A eingelegt ist, daß sie nach einer Trennung der beiden Theile A und B herausgenommen

III.



IV.



werden kann. Bei c ist an der Welle ein zweites Gestemme und hinter c ist dieselbe auf ein Stück vierkantig gearbeitet und verläuft dann in eine Schraube; auf das vierkantige Stück ist der sechseckige Messingkopf d angeschoben, welcher durch die Schraube e befestigt wird und auf drei abwechselnden Seiten die gespaltenen und nach außen zu sich etwas conisch verjüngenden hohlen Schraubenspindeln f enthält, über welche die Preßschrauben g geschraubt werden, um die hineingeschobenen Flügelstäbe h in den Kopf d in der ihnen gegebenen Stellung zu befestigen. Um die an den Stäben h befindlichen Flügel I unter einem bestimmten Winkel gegen die Windrichtung stellen zu können, ist an der vordern Seite von A die Hülse K angeschraubt, in welcher sich der vierkantige Stab L mit der unten angebrachten Platte M hin und her schieben und in der erforderlichen Stellung durch die auf die Feder k drückende Preßschraube i befestigen läßt. Die Platte M trägt eine Kreistheilung und ist in einer solchen Stellung an L befestiget, daß der Mittelpunkt dieser Kreistheilung bei senkrechtem Stande des Instrumentes senkrecht unter dem Mittelpunkte des Kopfes d sich befindet.

Um die Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle H zu zählen, ist an derselben eine Schraube N angebracht, welche in das mit 100 Zähnen versehene Rad O eingreift; an O befindet sich ein 10stöckiges Getriebe P, welches in das Rad Q von 99 Zähnen und zugleich in das neben demselben liegende Rad R von 100 Zähnen eingreift. Das Rad O dreht sich um den Zapfen l und die beiden Räder Q und R um den Zapfen m. Der Umfang von O ist mit einer Theilung von 100 Theilen versehen, welche sich an dem feststehenden Zeiger Z vorüberbewegt; auf R ist eine Theilung in 10 gleiche Theile nach der entgegengesetzten Richtung aufgetragen und es werden auf derselben die Theile durch den Zeiger Y bestimmt. Da nun bei jeder Umdrehung der Flügelwelle das Zahnrad O um einen Zahn vorrückt und R sich nach zehn Umdrehungen von O einmal herumgedreht hat, so wird die Eintheilung von O die Einer und Zehner der Umdrehungszahl, die von R die Hunderte bestimmen. Hat sich nun R einmal herumgedreht, sind also 100 Zähne desselben an dem Getriebe P vorübergegangen, so müssen auch 100 Zähne von Q an demselben vorübergegangen sein, Q hat aber nur 99 Zähne, es hat sich daher ein volles Mal und um den Winkel eines Zahnes herumgedreht, d. h. es hat sich gegen R um einen Zahn oder um $^1/_{100}$ eine vollen Umdrehung von R verschoben. Wird daher auf der Seite von R, welche dem Rade Q zugewendet ist, eine 100theilige Eintheilung aufgetragen und an einem beliebigen Punkte von Q, etwa bei n, ein

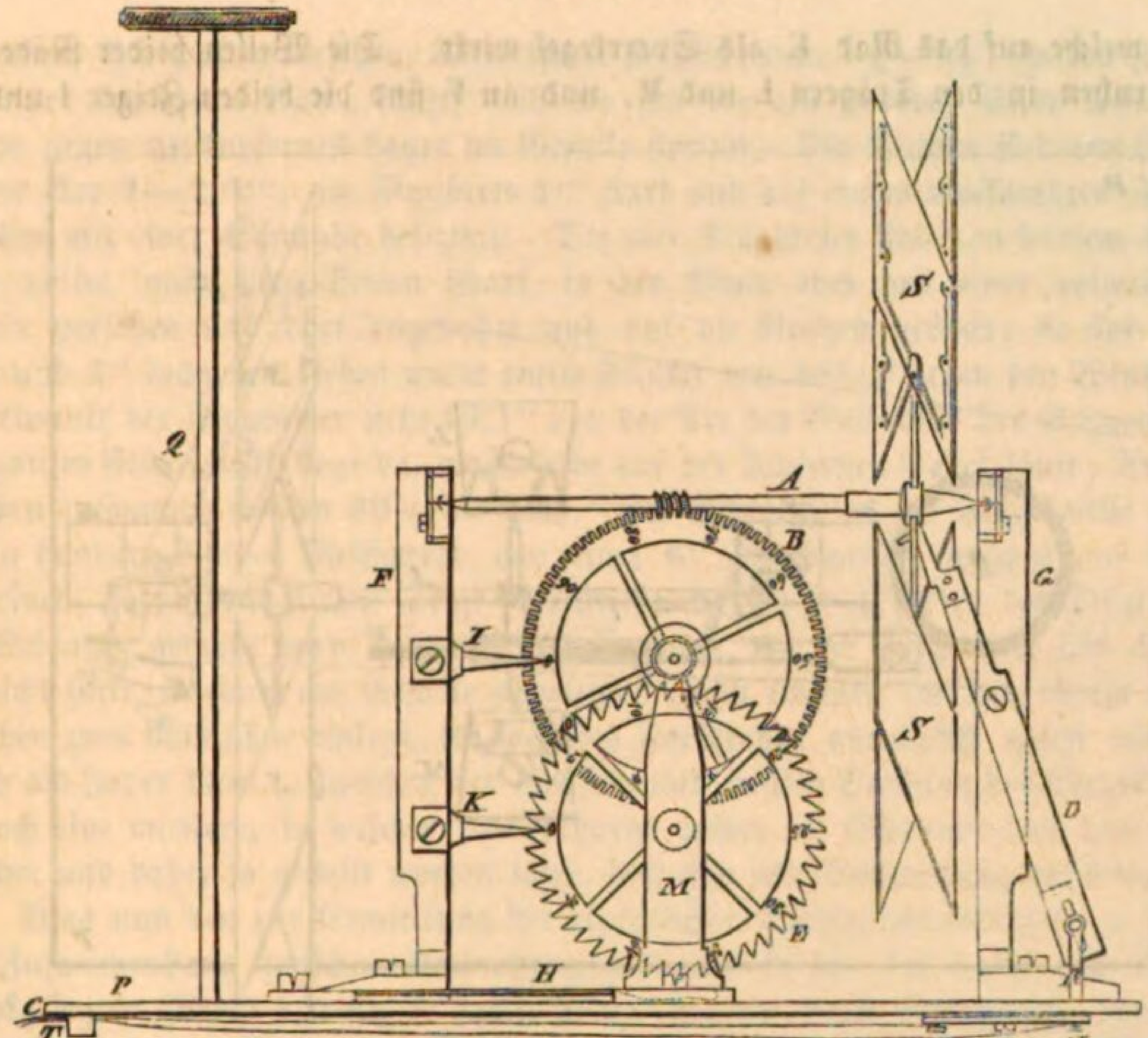
Zeiger angebracht, so werden durch n die Tausende und Zehntausende der Umdrehungszahl bestimmt werden und die drei Räder O, Q und R kommen erst nach 100000 Umdrehungen der Flügelwelle H wieder in eine vollkommen gleiche Stellung zu einander. Soll das Instrument nicht zum Zählen der Umdrehungen in einer längeren Zeit angewendet werden, so kann das Rad Q ganz wegfallen. Um den Zählapparat mit der Flügelwelle verbinden oder von derselben trennen zu können, sind die beiden Zapfen m und l an dem Stege S befestigt, welcher seinen Drehungspunkt in o hat, mit dem entgegengesetzten Ende durch A hindurchgeht und mit dem Drahte p verbunden ist, welcher nach dem ringförmigen Hebel T führt; der letztere umschließt die Hülse D, hat zu beiden Seiten derselben bei s seine Drehpunkte und ist mit der Schnur q verbunden, welche zu dem Standpunkte des Beobachters herunter geht und nach Erfordern um die Rolle U an der unten mit der Preßschraube W befestigten Hülse V herumgezogen werden kann. Ist die Schnur angezogen, so befindet sich der Zählapparat im Eingriff mit der Schraube N, und damit die Zähne von O nicht gegen H drücken, ist die Höhe, bis zu welcher S gehoben werden kann, durch die Höhe des Ausschnittes, in welchem sich der Kopf von S bewegt, begrenzt; wird die Schnur nachgelassen, so drückt die Feder X den Steg zurück, die Zähne von O kommen außer Angriff mit der Schraube N, und der Zählapparat steht augenblicklich still, da die unteren Zähne von O in ein auf A befestigtes Sammtstück treffen. Steg und Feder sind in Fig. IV. deutlich zu sehen, dagegen ist in Fig. I. die theilweise sichtbare Feder und in Fig. II. Feder und Steg nicht mit abgebildet.

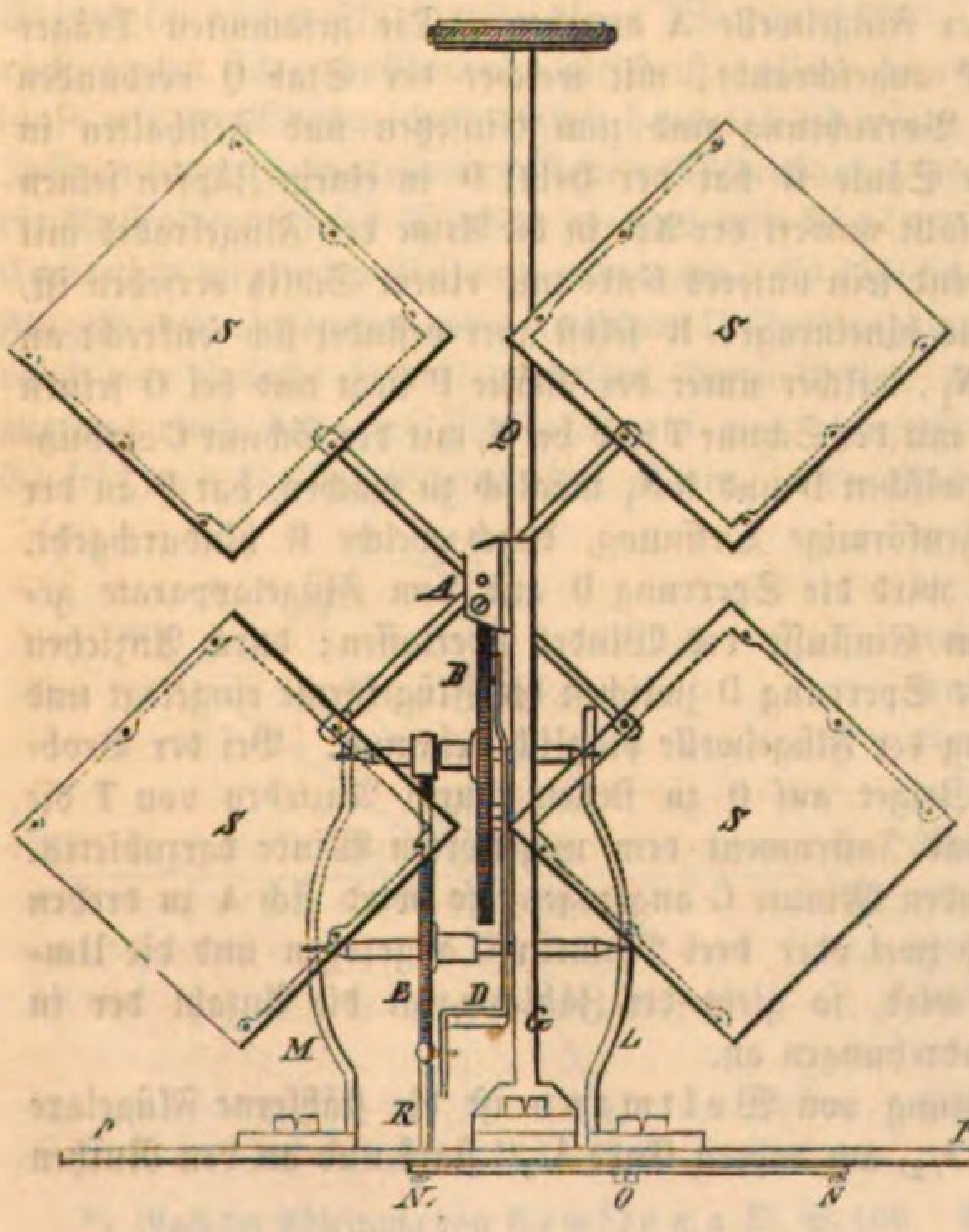
Vermöge der Einrichtung des Kopfes d lassen sich Flügel von verschiedener Form und Armlänge mit der Flügelwelle verbinden, und es läßt sich außerdem noch ein dreiflügeliges leichtes Windrad anschieben, bei welchem die Flügel Quadrate von 1,14″ preuß. Seitenlänge sind, deren Mittelpunkte sich in einer Entfernung von 1,295″ von der Umdrehungsaxe befinden, und welche ebenfalls in beliebige Neigung gegen den Wind gebracht werden können. Die Flügel sind ähnlich wie die auf der gegenüberstehenden Seite abgebildeten aus leichten Messinggestellen und dazwischen eingenieteten dünnen Platten von Marienglas gebildet, um die nöthige Leichtigkeit und Steifheit zu erhalten, und sind an stählernen Armen befestigt.

Soll mit dem Instrumente beobachtet werden, so wird es mit ausgerücktem Zählapparate, dessen Stand vorher anzumerken ist, in den Wind gebracht, und nachdem die Flügel ihre stetige Bewegung angenommen haben, wird beim Eintritt einer neuen Minute durch Anziehen und Festhalten der Schnur der Zählapparat eingerückt und nach Verlauf von 1, 2 oder 3 Minuten wieder ausgerückt; nimmt man nun den Stand des Zählapparates ab und bestimmt die Differenz zwischen dem ersten und dem spätern Stande, so giebt diese die Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle an, durch welche unter der Voraussetzung, daß zu jeder Umdrehung gleich viel Zeit erfordert wurde, nach der später anzugebenden Formel die mittlere Windgeschwindigkeit während der Beobachtungszeit gefunden wird.

Der Woltmann'sche Flügel von Combes*) ist in nachstehenden drei Abbildungen in Seitenansicht, vorderer und oberer Ansicht abgebildet. Er besteht aus einem Windrad mit vier quadratischen Flügeln S, welche 0,0225^{m} Seite haben, aus einem leichten mit Flittergold bezogenen Messinggestell bestehen und mit ihren Mittel-

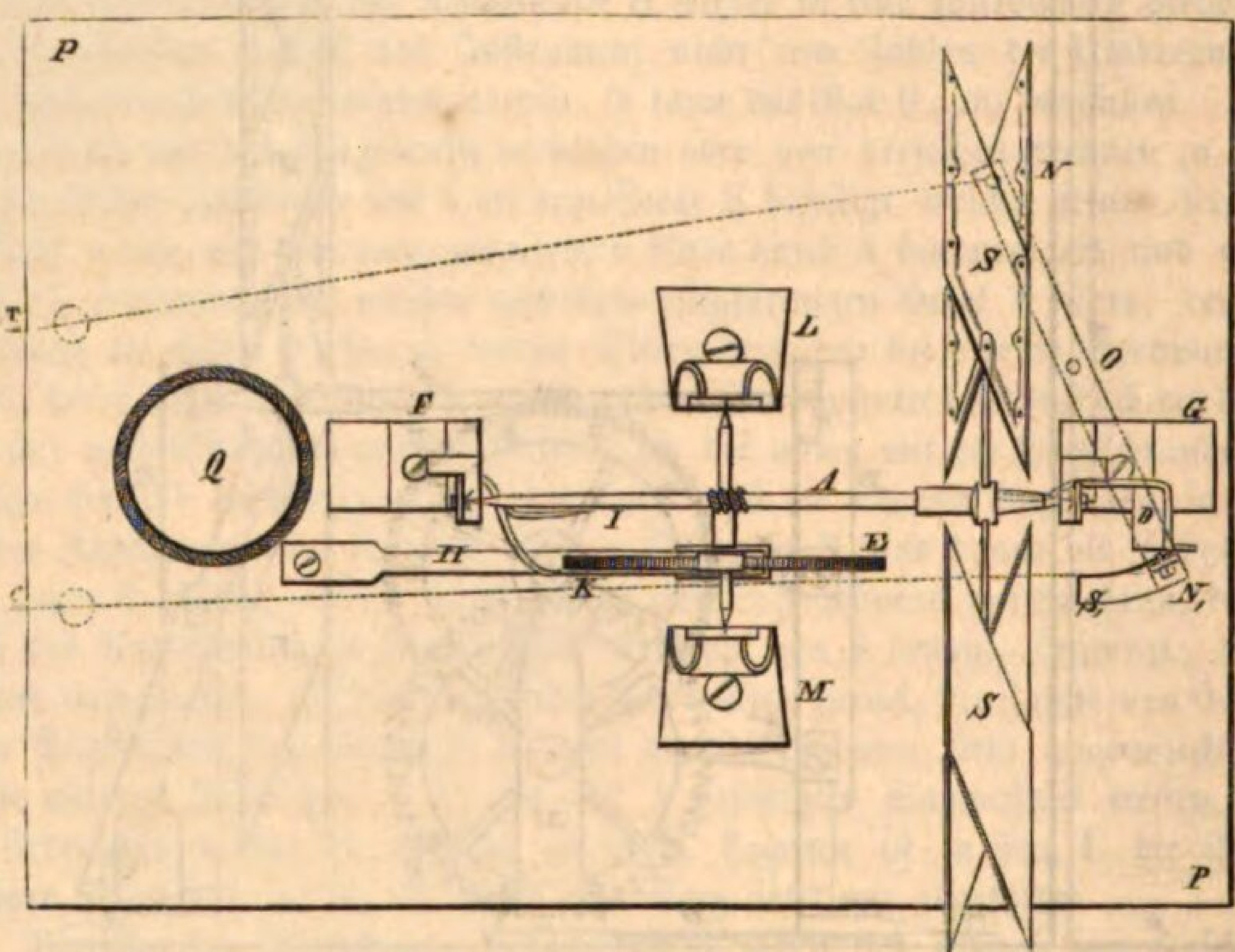
*) Annales des Mines 1838. T. XIII. p. 103. — Allg. Masch.-Encycl. Bd. I. S. 238.





punkten 0,02625^m von der Umdrehungsaxe abstehen. Die in zwei Stahlspitzen ausgezogene Axe A dreht sich in zwei Achathütchen, welche an den Säulen F und G angebracht sind, und ist mit einer Schraube versehen, welche in das hundertzähnige Rad B eingreift; in der Welle von B ist ein Stift, welcher über dem Rade E mit 50 Steigradzähnen steht und bei jeder Umdrehung von B einen Zahn von E fortschiebt. Damit aber das Rad dann stehen bleibt, ist unter demselben die sehr leicht bewegliche Feder H mit einem an ihrem Ende befindlichen kegelförmigen Ansatze ange-

bracht, welche auf das Rad E als Sperrkegel wirkt. Die Wellen beider Räder B und E ruhen in den Trägern L und M, und an F sind die beiden Zeiger I und K

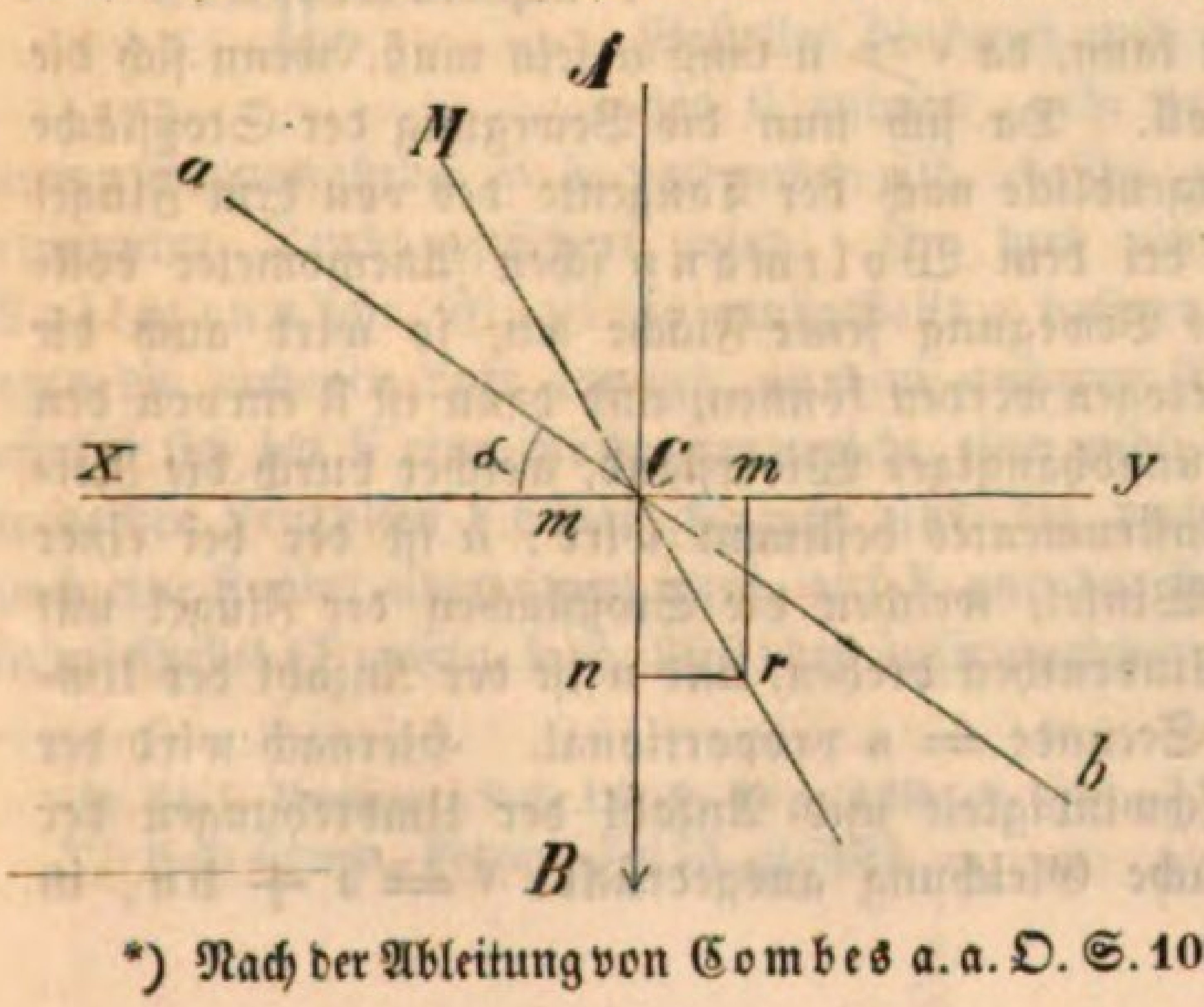


für beide Räder angeschraubt, die auf der von 1—100 gehenden Theilung von B die Einer und Zehner, auf der von 1—50 gehenden Theilung von E aber die Hunderte der Umdrehungen der Flügelwelle A angeben. Die gesammten Träger sind auf der Bodenplatte PP angeschraubt, mit welcher der Stab Q verbunden ist, welcher zum Tragen der Vorrichtung und zum Einsetzen und Festhalten in einem Kasten dient. An der Säule G hat der Hebel D in einem Zapfen seinen Drehungspunkt; dieser Hebel fällt unweit der Axe in die Arme des Flügelrades mit seinem oberen Ende ein, während sein unteres Ende mit einem Schlitz versehen ist, in welchem ein Stift von R aus hineinragt; R selbst aber befindet sich senkrecht an dem einen Ende des Hebels NN_1, welcher unter der Platte P liegt und bei O seinen Drehungspunkt hat, bei N aber mit der Schnur T und bei N_1 mit der Schnur C verbunden ist. Um die Verbindung zwischen D und NN_1 möglich zu machen, hat P an der entsprechenden Stelle eine bogenförmige Oeffnung, durch welche R hindurchgeht. Durch Anziehen der Schnur C wird die Sperrung D aus dem Flügelapparate gerückt und die Flügel selbst dem Einflusse des Windes überlassen; durch Anziehen der Schnur T dagegen wird die Sperrung D zwischen die Flügelarme eingelegt und die etwa stattfindende Bewegung der Flügelwelle plötzlich gehemmt. Bei der Beobachtung sind zuerst die beiden Zeiger auf 0 zu stellen, durch Anziehen von T die Sperrung D einzulegen und das Instrument dem ungestörten Winde darzubieten. Wird nun mit einer eintretenden Minute C angezogen, so wird sich A zu drehen anfangen, und wenn dann nach zwei oder drei Minuten C angezogen und die Umdrehung plötzlich unterbrochen wird, so giebt der Zählapparat die Anzahl der in der Zwischenzeit gemachten Umdrehungen an.

Nach der Originaleinrichtung von Woltmann ist die stählerne Flügelaxe 14 Zoll lang, an den Ruthen $^1/_2$, am andern Ende $^1/_3$″ stark und an den Ruthen

mit einem Einschnitte versehen, bei welchem sie mit einem $1/_5$—$1/_6$'' starken Zapfen auf einer kupfernen Gabel läuft, während sich die am anderen Ende befindliche Spitze gegen ein kupfernes Lager im Gestelle stemmt. Die Ruthen sind von Stahl, an der Axe 2—2,5''', am Flugbrete 1''' stark und auf einem vierkantigen Zapfen der Axe mit einer Schraube befestigt. Die vier Flugbreter sind von hartem Holze, glatt polirt, nach allen Seiten scharf, in der Mitte aber mit einer anlaufenden Stärke versehen und dort angebohrt und auf die Ruthen gesteckt; sie sind 2,5'' breit und 5'' lang und stehen unter einem Winkel von $48^1/_2{}^0$ gegen den Wind; der Mittelpunkt der Flugbreter steht 19,1'' von der Axe der Welle ab. Der Schwerpunkt der ganzen Flügelwelle liegt da, wo dieselbe auf der kupfernen Gabel läuft; Axe und Ruthen zusammen wiegen 30—36 Loth. Die Schraube an der Flügelwelle greift in ein hundertzähniges Messingrad von etwa 6'' Durchmesser, welches auf einem mit einem Faden beweglichen Stege so aufruht, daß es beim Heben des Steges von der Schraube gedreht wird, beim Niederlassen aber, wo der Steg durch sein eigenes Gewicht sinkt, in einen am Gestelle angesetzten Zahn einsinkt, welcher, indem er sich zwischen zwei Radzähne einlegt, ein weiteres Fortdrehen unmöglich macht und zugleich als Index dient. Zwischen der höchsten und tiefsten Stellung des Steges giebt es noch eine mittlere, in welcher das Zahnrad weder die Schraube noch den Index berührt und daher so gestellt werden kann, daß eine jede Beobachtung mit 0 beginnt.

Was nun den zur Ermittlung der eigentlichen Windgeschwindigkeit so nöthigen Zusammenhang zwischen Umdrehungszahl und Größe des dabei vom Winde zurückgelegten Weges betrifft, so suchte **Woltmann** durch Berechnung von Versuchen in Luft und Wasser den Winkel ($48^1/_2{}^0$) zu bestimmen, unter welchem die Flügelbreter gegen den Wind gestellt werden müssen, damit der Mittelpunkt des Stoßes bei diesen Flugbretern einen Weg durchläuft, welcher dem vom Winde zurückgelegten Wege vollkommen gleich ist; allein da eine Proportionalität der Umläufe mit der Windgeschwindigkeit hauptsächlich wegen des mit der Einrichtung des Instrumentes verbundenen constanten Widerstandes nicht stattfinden kann, so scheint die Auffindung dieses Winkels zwecklos und **Woltmann** selbst mußte noch eine Correction wegen der Reibung anbringen. Es läßt sich für jeden Neigungswinkel des Flügels der Zusammenhang zwischen Umdrehungszahl und Windgeschwindigkeit durch eine einfache Formel darstellen, deren Gestalt sich nach dem Gesetze der Einwirkung einer bewegten Flüssigkeit auf eine ebenfalls bewegliche Fläche bestimmt. Es sei*) a b der Durchschnitt einer ebenen, in der Richtung Y X beweglichen Fläche, welche gegen diese Richtung unter dem Winkel a C X $= \alpha$ geneigt und in der Richtung A B senkrecht auf X Y dem Stoße einer bewegten Flüssigkeit ausgesetzt ist, durch den sie sich gleichförmig von C nach X zu fortbewegt. Die Geschwindigkeit dieser ausweichenden Bewegung sei nach Größe und Richtung C m $=$ u, die der stoßenden Flüssigkeit C n $=$ v. Wird nun Cm_1



*) Nach der Ableitung von **Combes** a. a. O. S. 108. Aus Masch.-Enc. Bd. I. S. 239 f.

auf CY = Cm gemacht und das Parallelogramm Cm_1 rn gezogen, so drückt Cr = U nach Größe und Richtung die relative Geschwindigkeit der stoßenden Flüssigkeit gegen die als ruhend gedachte Ebene aus. Nimmt man an, daß der Normaldruck einer Flüssigkeit, welche schief gegen eine Ebene stößt, der Größe der gestoßenen Fläche, dem Quadrate des senkrecht gegen die Fläche gerichteten Theiles der Geschwindigkeit und der Dichtigkeit der stoßenden Flüssigkeit proportional ist, und bezeichnet man diesen Druck mit J, den Flächenraum der gestoßenen Fläche mit a, das Gewicht der Cubikeinheit der Flüssigkeit mit p und den Fallraum in der ersten Zeitsecunde mit g, so ist

$$J = k \frac{ap}{2g} (U \sin MCa)^2 \ldots (I),$$

wo k einen Coefficienten bezeichnet, welcher nach der Größe der gestoßenen Fläche veränderlich ist. Aber es ist $U^2 = v^2 + u^2$, $MCa = MCX - \alpha$ und in dem rechtwinkeligen Dreiecke m_1 Cr ist:

$$\sin m_1 Cr = \sin MCX = \frac{m_1 r}{Cr} = \frac{v}{\sqrt{v^2 + u^2}}$$

$$\text{und } \sin m_1 r C = \cos MCX = \frac{Cm_1}{Cr} = \frac{u}{\sqrt{v^2 + u^2}},$$

daher auch

$$\sin MCa = \sin (MCX - \alpha) = \sin MCX \cos \alpha - \cos MCX \sin \alpha = \frac{v \cos \alpha - u \sin \alpha}{\sqrt{v^2 + u^2}}.$$

Werden nun die Werthe von U und sin MCa in Nr. I eingesetzt, so wird:

$$J = k \frac{ap}{2g} (v \cos \alpha - u \sin \alpha)^2.$$

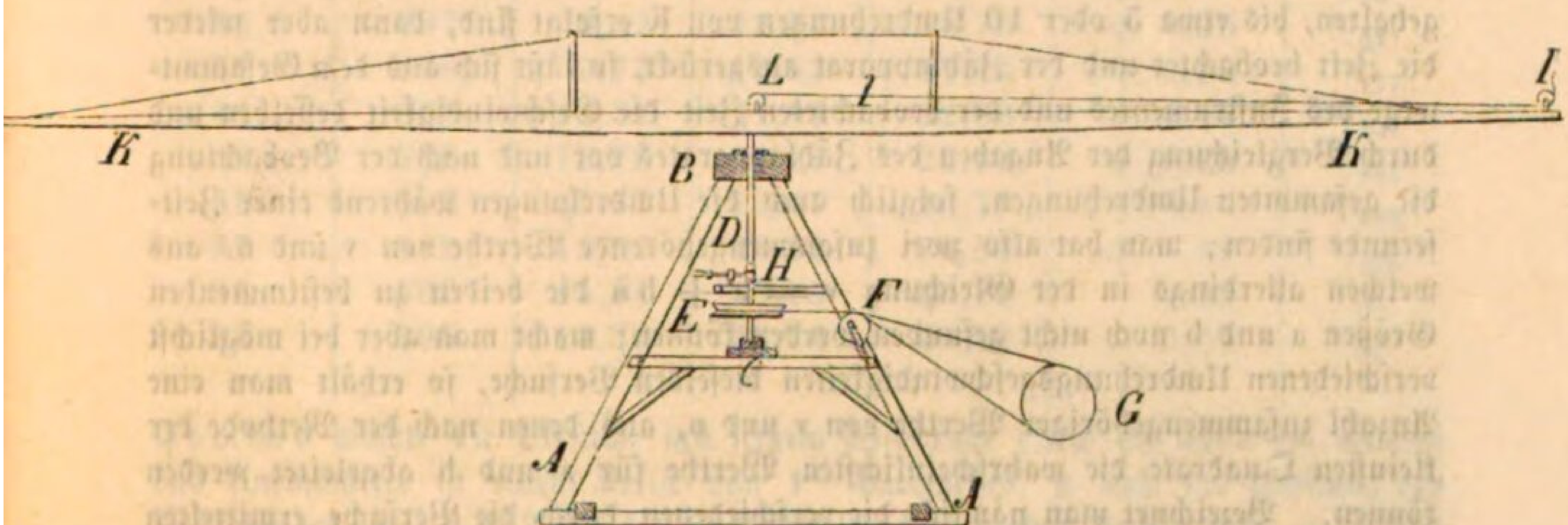
Da sich nun die gestoßene Fläche mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt, so muß der Theil des Druckes J, welcher in die Bewegungsrichtung der Fläche fällt, ebenso groß als der Widerstand sein, den die Fläche bei ihrer Bewegung findet; ist R dieser Widerstand, ebenfalls nach der Bewegungsrichtung von ab bestimmt, so wird für den Beharrungszustand der Vorrichtung $R = J \sin \alpha$ sein müssen, daher

$$R = k \frac{ap}{2g} (v \cos \alpha - u \sin \alpha)^2 \sin \alpha \text{ und } v = u \tan \alpha \pm \sqrt{\frac{2g R}{kap \sin \alpha \cos \alpha^2}} \text{ (II)},$$

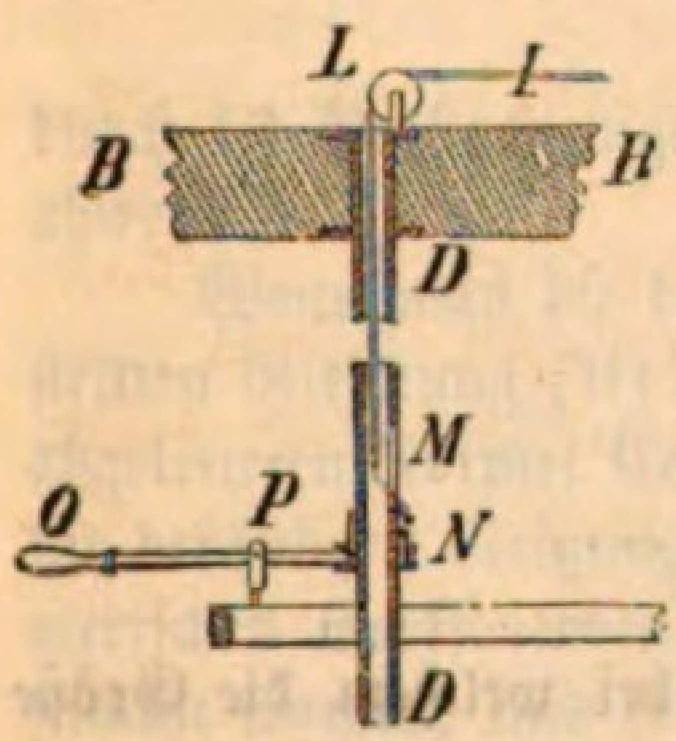
wo nur das positive Zeichen gelten kann, da $v > u \tan \alpha$ sein muß, wenn sich die Fläche von C nach X bewegen soll. Da sich nun die Bewegung der Stoßfläche eines Flügels, welche in jedem Augenblicke nach der Tangente des von dem Flügel beschriebenen Kreises gerichtet ist, bei dem Woltmann'schen Anemometer vollkommen so betrachten läßt, wie die Bewegung jener Fläche ab, so wird auch die Gleichung II auf das Instrument bezogen werden können, und dann ist R ein von den beiden Geschwindigkeiten u und v unabhängiger Widerstand, welcher durch die Reibung der beweglichen Theile des Instrumentes bestimmt wird; α ist der bei einer bestimmten Einrichtung constante Winkel, welchen die Stoßflächen der Flügel mit der Ebene bilden, in der sich die Windruthen drehen, und u ist der Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle in der Secunde = n proportional. Hiernach wird der Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle durch die höchst einfache Gleichung ausgedrückt: $v = a + bn$, in

welcher a und b zwei numerische Coefficienten sind, von denen der erste von der Neigung der Flügel, von der Größe des Reibungswiderstandes im Instrumente, von der Dichtigkeit der stoßenden Flüssigkeit und von der Größe der Stoßfläche, der zweite dagegen nur von der Neigung des Flügel gegen die Bewegungsebene oder gegen die Windrichtung abhängig ist. Beide Coefficienten sind durch Versuche für jedes einzelne Instrument zu bestimmen. Bei diesen Versuchen könnte man einen künstlichen Windstrom gegen das Instrument richten und die entsprechenden Angaben des Instrumentes anmerken. Leichter aber ist es, das Instrument mit der erforderlichen Geschwindigkeit gegen die ruhende Luft zu bewegen. Hierbei kann man sich eines Drehapparates bedienen, wie er schon von Smeaton*) und von Zeiher**) angewendet wurde. Fig. I. und II. stellen die Drehvorrichtung vor, durch welche für den Windmesser von Hülsse die Coefficienten bestimmt wurden. A ist ein Gestell, dessen Gestalt und Höhe durch die Localität bedingt waren, in welcher die Versuche vorgenommen werden sollten. Es war dies nämlich das Innere einer runden Thurmes, in welchem keine Ursache zu einer störenden Luftströmung vorhanden war, wo sich aber am Boden einige Gegenstände befanden, welche das Gestell überragen mußte. Durch die Deckpfoste B des Gestelles hindurch und mit einem Zapfen auf dem Lager C ruhend, geht das Rohr D, welches oben mit einem Schwunghebel K K verbunden ist, dessen geradlinige Lage durch darüber gespannten Draht gesichert wird. An dem einen Ende dieses Hebels ist der Woltmann'sche Flügel so aufgestellt, daß er sich bei Umdrehung von K K gegen die ruhende Luft bewegt, an dem anderen Ende ein Gegengewicht. An D befindet sich bei E eine Rolle, um welche eine endlose Schnur gelegt ist, die über die beiden Leitrollen F F nach G geht und die drehende Bewegung, welche auf G durch eine Kurbel übertragen wird, auf E und den Hebel K K fortpflanzt. Von dem Ausrückhebel (T in Fig. I. S. 200) des Instrumentes aus ist die Darmsaite l über die

I.



II.



*) Phil. Transact. Vol. LI. P. I. p. 138.
**) Novi Comm. Petrop. Vol. X. p. 302.

Rolle L in das Innere der Röhre D hineingeführt, mit dem Ende durch den Schlitz M gezogen und an den Schieber N (Fig. II.) geknüpft, welcher über D geschoben ist und eine umlaufende Spur führt, in der das eine Ende des Hebels P sich befindet, während das andere O mit einem Handgriff versehen ist. Wird O niedergedrückt, so hebt sich N, die Darmsaite läßt nach und der Zählapparat am Windmesser ist nicht eingerückt; wird dagegen O gehoben, so wird N heruntergezogen, die Darmsaite I gespannt und der Zählapparat an die Flügelwelle angerückt. Der Halbmesser des Kreises, in welchem sich der Mittelpunkt des Kopfes der Flügelwelle drehte, betrug 14',314 preuß., folglich der Weg des Instrumentes bei einer Umdrehung von D 89',94. Wird nun der Hebel I möglichst gleichförmig herumgedreht und, wenn das Instrument bei einem Punkte in der Umgebung vorübergeht, die Zeit beobachtet und der Zählapparat eingerückt, und dieser so lange eingerückt gehalten, bis etwa 5 oder 10 Umdrehungen von K erfolgt sind, dann aber wieder die Zeit beobachtet und der Zählapparat ausgerückt, so läßt sich aus dem Gesammtwege des Instrumentes und der beobachteten Zeit die Geschwindigkeit desselben und durch Vergleichung der Angaben des Zählapparates vor und nach der Beobachtung die gesammten Umdrehungen, folglich auch die Umdrehungen während einer Zeitsecunde finden; man hat also zwei zusammengehörende Werthe von v und n, aus welchen allerdings in der Gleichung $v = a + bn$ die beiden zu bestimmenden Größen a und b noch nicht gefunden werden können; macht man aber bei möglichst verschiedenen Umdrehungsgeschwindigkeiten dieselben Versuche, so erhält man eine Anzahl zusammengehöriger Werthe von v und n, aus denen nach der Methode der kleinsten Quadrate die wahrscheinlichsten Werthe für a und b abgeleitet werden können. Bezeichnet man nämlich die verschiedenen durch die Versuche ermittelten zusammengehörenden Werthe von v und n mit v_1 und n_1; v_2 und n_2; v_3 und n_3 rc., die Anzahl der gemachten Beobachtungen mit m, so hat man a und b aus den beiden Gleichungen:

$$a m + b \Sigma n = \Sigma v,$$
$$a \Sigma n + b \Sigma n^2 = \Sigma n v$$

zu bestimmen, in welchen

$$\Sigma n = n_1 + n_2 + n_3 + \ldots,$$
$$\Sigma n^2 = n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 + \ldots,$$
$$\Sigma n v = n_1 v_1 + n_2 v_2 + n_3 v_3 + \ldots,$$
$$\Sigma v = v_1 + v_2 + v_3 + \ldots,$$

ist. Auf diese Art wurde z. B. für einen Flügelapparat, bei welchem die Größe der Stoßfläche ein Quadrat von 1,04 preuß. Zoll Seite, die Neigung gegen den Wind 60° und die Entfernung der Umdrehungsaxe von dem Mittelpunkte der Stoßfläche 4,07 Zoll betrug, die Gleichung gefunden:

$$v = 1,761 + 1,643\ n$$
$$= 1,761 + 0,0274\ N,$$

je nachdem die Umdrehungszahl für die Secunde (n) oder für die Minute (N) bestimmt ist. Wie diese Formel die 13 Originalbeobachtungen repräsentirt, aus denen sie als wahrscheinlichster Ausdruck hergeleitet ist, mag beistehende Tabelle zeigen, in welcher zugleich die bei den Versuchen unmittelbar erhaltenen Zahlen mit aufgeführt sind, wobei nur noch bemerkt zu werden braucht, daß das Instrument jedesmal 10 Kreisumläufe machte, also bei jeder Beobachtung 899,4 Fuß zurücklegte, und daß der Barometerstand 27'' 10''',90 und die Temperatur 8°,2 R. betrug.

Beobachtet		Hieraus unmittelbar abgeleitet		Nach der Formel	Unterschied	
Dauer in Secunden	Umdrehungszahl der Flügelwelle	n	v Fuß	v Fuß	absolut Fuß	relativ
100,5	417	4,15	8,95	8,58	— 0,37	$^1/_{23}$
88	451	5,12	10,22	10,17	— 0,05	$^1/_{203}$
85	455	5,35	10,58	10,55	— 0,03	$^1/_{352}$
84	458	5,45	10,71	10,71	0,00	$^1/_{\infty}$
57	494	8,67	15,77	16,00	+ 0,23	$^1/_{70}$
54,5	497	9,12	16,50	16,75	+ 0,25	$^1/_{67}$
51	496	9,73	17,63	17,76	+ 0,13	$^1/_{137}$
41	507	12,37	21,94	22,08	+ 0,14	$^1/_{157}$
40	508	12,70	22,48	22,63	+ 0,15	$^1/_{151}$
38	508	13,37	23,67	23,73	+ 0,16	$^1/_{149}$
37	512	13,84	24,31	24,50	+ 0,19	$^1/_{129}$
35	502	14,34	25,70	25,32	— 0,38	$^1/_{67}$
33	505	15,30	27,26	26,90	— 0,36	$^1/_{74}$

Combes machte die Versuche mit seinem Windrade durch ein Uhrwerk, welches das Anemometer in einem Kreise von 1^m Halbmesser, je nach der Stellung des Windfanges, mit 0,262 bis 4,633 Meter Geschwindigkeit herumtrieb; er erhielt bei etwa 60° Neigung der Stoßflächen gegen den Wind die Geschwindigkeit in Metern nach der Formel:

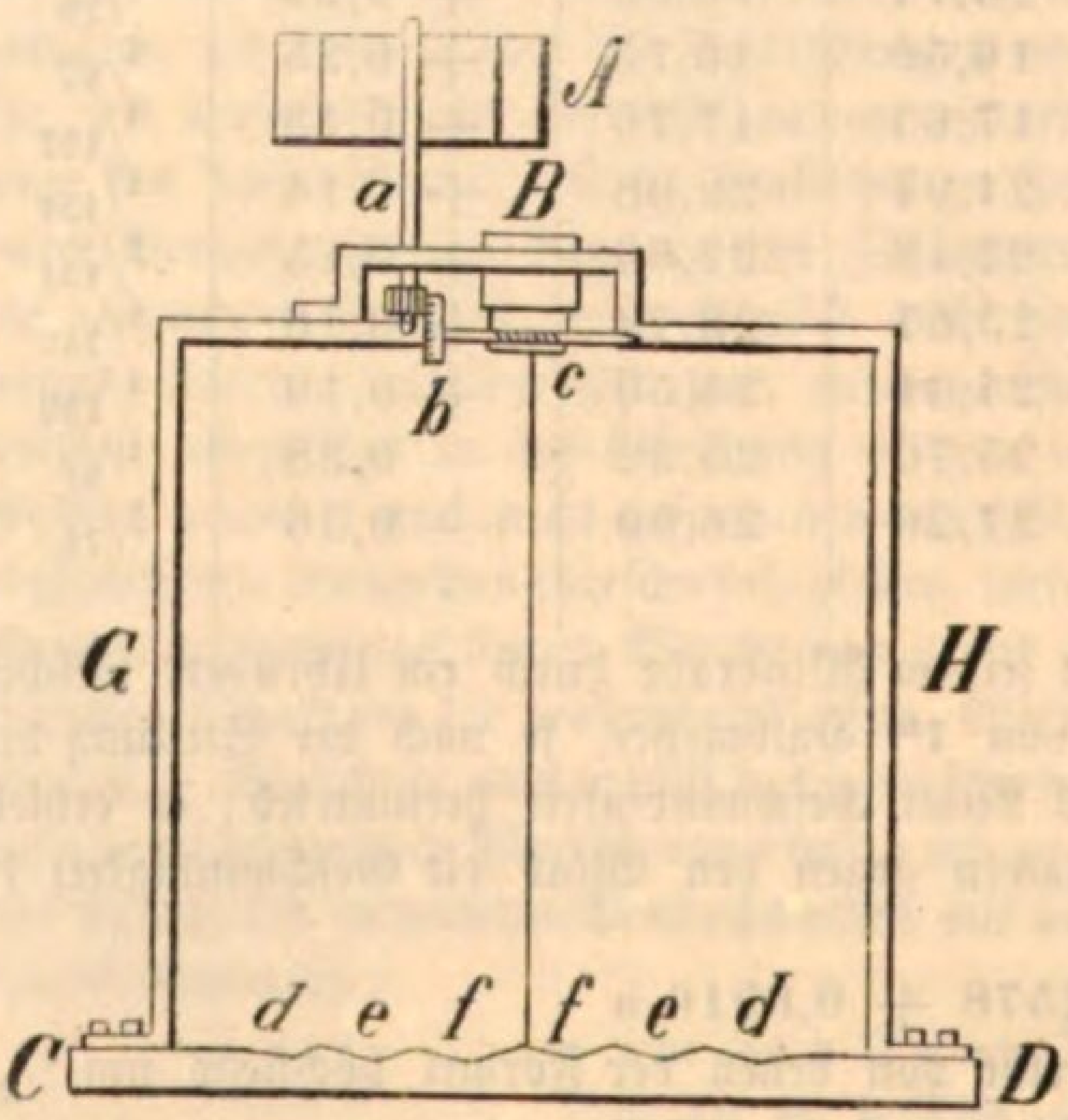
$$v = 0{,}2578 + 0{,}0916\, n$$

durch 13 Beobachtungen, deren Werthe von denen der Formel höchstens um $^1/_{21}$ abweichen.

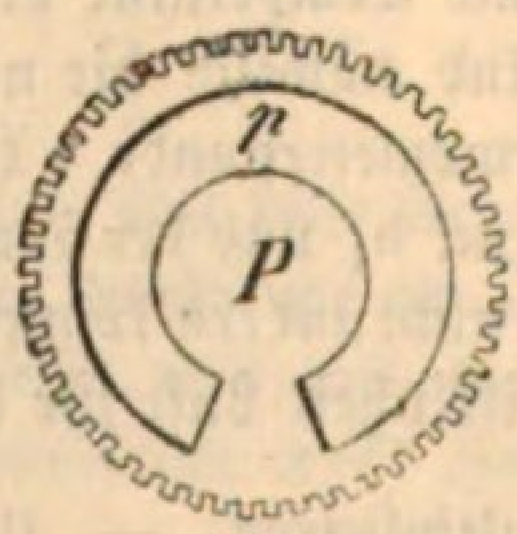
Wenn man die durch die Versuche erhaltene Formel mit der vorher aufgestellten Gleichung (II) vergleicht, so läßt sich leicht übersehen, wie an einer einmal abgeleiteten Formel Correctionen für veränderten Luftdruck und Temperatur oder für veränderte Neigungswinkel angebracht werden können. Sind nämlich die numerischen Coefficienten bei dem Barometerstande h und Thermometerstande t bestimmt worden, und soll die Formel für Versuche bei dem Luftdruck h_1 und der Temperatur t_1 benutzt werden, so wird sich nach (II) der Coefficient b nicht ändern können, und in a ist nur statt p zu setzen p_1, d. h. das Gewicht der Cubikeinheit Luft für h_1 und t_1, oder es ist der frühere Werth von a mit $\sqrt{\frac{p}{p_1}}$ zu multipliciren. — Um dagegen die Formel für einen andern Neigungswinkel umzugestalten, ist zuerst dadurch, daß man n mit dem von dem Stoßpunkte bei einer Flügelumdrehung beschriebenen Wege multiplicirt, u statt n in die Gleichung (II) einzuführen und dann sowohl a als b durch Substituirung von a_1 statt a umzuändern.

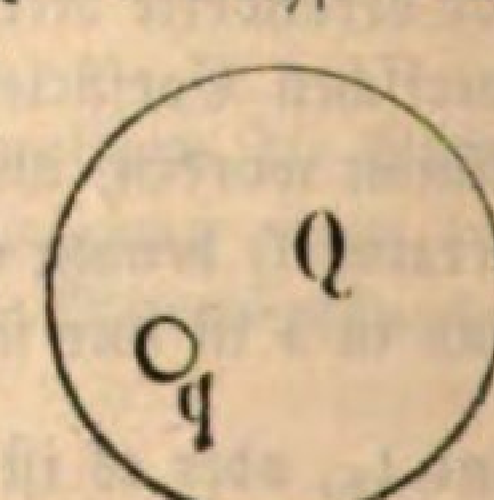
Allerdings wird sich a mit fortschreitender Abnutzung des Instrumentes oder bei frischem Einölen oder durch sich auflegenden Staub ändern; es ist aber immer durch einen einfachen Versuch möglich, den wahren Werth von a in jedem einzelnen Falle herzustellen.

Um des eigenthümlichen und sehr beachtenswerthen Principes willen, auf welchem es begründet ist, erwähne ich das Anemometer von Forbes*), welches übrigens, wie richtig auch seine Theorie ist, doch so viele praktische Mängel hat, daß es in seiner vorliegenden Gestalt kaum irgend brauchbare Resultate geben dürfte. Ein frei fallender Körper wird von seiner Bahn (der lothrechten Linie) desto weiter abgelenkt, je schneller der Luftstrom ist, welchen er auf seinem Wege zu durchmessen genöthigt ist. Dies ist das Princip des Forbes'schen Instrumentes, welches sich also zunächst an diejenigen Instrumente anschließt, bei denen ein unter dem Einflusse der Schwere stehendes Pendel durch den Druck des Windes aus seiner Stellung gebracht wird. Es ist dasselbe aber auch mit einem Flügelapparat ausgestattet. Die beifolgenden Zeichnungen werden das Instrument erläutern. Die flache Grundplatte C D trägt zwei eiserne Säulchen H und G, welche nur so stark sind, daß sie rechtwinkelig gegen die in der Figur abgebildete Fläche den gehörigen Widerstand leisten können; auf denselben befindet sich eine Deckplatte, welche das Windrad A hält, an welchem zugleich ein halbcylinderförmiger, mit der Fahne verbundener Mantel sich bewegt, durch welchen bewirkt wird, daß nur immer die eine Hälfte dieses Windrades dem Windstoße dargeboten wird und daß sich dasselbe stets nach einer Richtung umdreht. An der Windradaxe befindet sich das Getriebe a, welches in das Zahnrad b an der Welle c eingreift; letztere führt eine Schraube und setzt mit derselben das gezahnte Rad P in langsame Kreisbewegung.



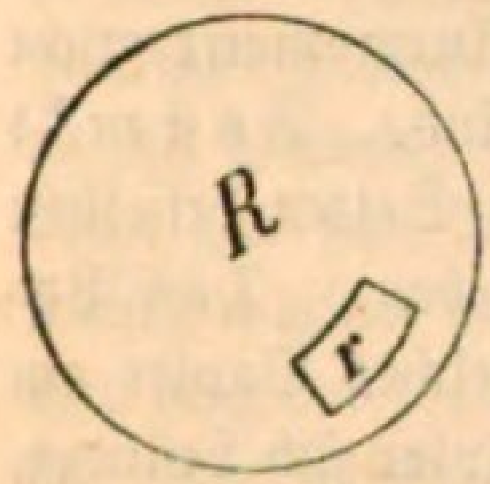
Das Rad P ist mit einem ringförmigen Ausschnitte p versehen und befindet sich unter dem Boden Q der Büchse B an einer Axe, die durch den Boden drehbar hindurchgeht und oberhalb mit der Scheibe R im Innern der Büchse verbunden ist, welche gerade über dem Punkte, wo P nicht ausgeschnitten ist, den Ausschnitt r enthält. Mit diesen Ausschnitten correspondirend ist der Boden Q mit einer runden Oeffnung q versehen.



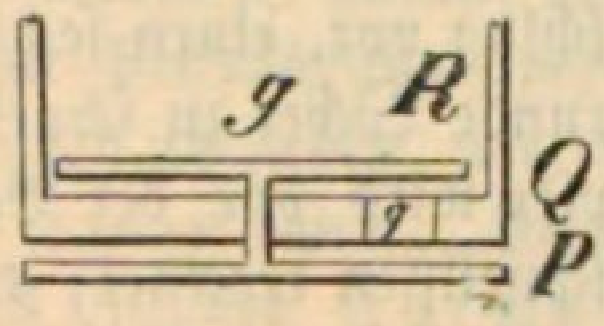


Befindet sich nun die Büchse B voll kleiner Kugeln, deren Durchmesser der Dicke von Q entspricht, so wird bei fortgesetzter Umdrehung des Zahnrades P eine Kugel durch r nach q fallen, sobald r über q tritt, und durch P zurückgehalten werden, aber dann, wenn der massive Theil von R über q und der ausgeschnittene Theil von P

*) Brewster, Edinb. Journ. of Science N. S. Vol. II. p. 31. — Masch.-Encycl. Bd. I. S. 244.



unter q tritt, durch P hindurchfallen; dieser Vorgang wird sich bei jeder Umdrehung von P einmal wiederholen, und es werden daher, wenn P von dem Windrade nach Verhältniß der Windgeschwindigkeit gedreht wird, bei stärkerem Winde mehr, bei schwächerem weniger Kugeln aus der Büchse B herabfallen. Sollten die Kugeln



in gleichen Zeiträumen niederfallen, so müßte P mit einem Uhrwerke statt mit dem Windrade verbunden werden, und es wäre dann jedenfalls zweckmäßiger, die Ordnung, in welcher die Kugeln fallen, durch aufgeschriebene Nummern zu bezeichnen, wobei natürlich die Büchse B eine größere Länge und einen Durchmesser haben müßte, welcher unbedeutend größer als der der Kugeln ist. Die herunterfallenden Kugeln werden durch den von der Seite wehenden Wind von der verticalen Richtung abgelenkt und fallen in verschiedener Richtung und verschiedener Entfernung von dem Mittelpunkte auf die Grundplatte C D auf; damit sie aber ziemlich an dem Orte, auf welchen sie auftreffen, liegen bleiben und so Windkraft und Windrichtung fixiren, ist die Platte C D mit concentrischen Fugen d d, e e, f f ꝛc. versehen, welche durch ähnliche radiale Unterschiede in acht Sectoren getheilt werden. Ist die Platte nach den Himmelsgegenden gehörig orientirt, so giebt der Sector, in welchem eine Kugel liegt, die im Augenblicke des Fallens stattfindende Windrichtung, die Furche angenähert die in demselben Augenblicke stattfindende Windstärke an, welche zugleich bei der hier abgebildeten Einrichtung aus der Häufigkeit des Kugelfalles geschlossen werden kann.

Wie aus der Größe der Ablenkung auf die Windgeschwindigkeit geschlossen werden kann, wird von Forbes durch eine längere Ableitung gezeigt, als deren Resultat für englisches Maß und Gewicht die Formel gilt:

$$S = \frac{v\sqrt{h}}{g} \cdot \frac{75060\ w}{g d^2} \cdot \log nat \frac{75060\ w + d^2 v \sqrt{gh}}{75060\ w},$$

in welcher S die horizontale Ablenkung, v die Windgeschwindigkeit, h die Fallhöhe, g der Fallraum in der ersten Zeitsecunde, d der Durchmesser (in Zollen) und w das Gewicht der fallenden Kugel ist. Er findet, daß eine Kugel von $^1/_5$ Z. Durchmesser, welche das specifische Gewicht = 1 besitzt und durch eine Höhe von 4 Fuß fällt, von einem Winde mit 40 Fuß Geschwindigkeit um 3,984 Fuß abgelenkt wird, während eine Kugel von $^2/_3$ Z. Durchmesser und einem specifischen Gewichte = 2 bei einer Windgeschwindigkeit von 20—40—60 Fuß um 0,620—2,268—4,800 Fuß abgelenkt wird. Daß nun bei anzustellenden Versuchen für verschiedene Werthe von v die entsprechenden von S berechnet und tabellarisch aufgestellt sein müßten, ergiebt sich von selbst. Es ist übrigens, die Bequemlichkeit des Verfahrens ganz bei Seite gesetzt, sehr zu bezweifeln, ob das Anemometer von Forbes Anspruch auf eine größere Genauigkeit haben kann, als der richtig behandelte Woltmann'sche Flügel, wenn auch bei ersterem alle Hindernisse durch Zwischentheile vermieden sind. (Hülsse a. a. O.)

Auch die Abkühlung, welche ein Luftstrom bewirkt, hat man zu anemoskopischen und anemometrischen Bestimmungen zu benutzen gesucht. Es sind dies Versuche zur wissenschaftlichen Vervollkommnung des oben (S. 179) erwähnten Experimentes mit dem befeuchteten Finger, welche besonders insofern Beachtung ver-

dienen, als sie namentlich die Richtung schwacher Luftströmungen zu bestimmen dienen können, welche durch die meisten der bisher beschriebenen Anemometer nicht angegeben werden, weil für sie die Apparate zu schwerfällig sind. Foster*) schlug vor, einen sechsseitigen Kasten herzustellen, in die einzelnen Seiten desselben runde Löcher zu schneiden und dieselben mit Fließpapier zu überkleben. Das Papier wird vor der Beobachtung benetzt, und dann zugesehen, welches Papier am schnellsten trocknet; die Seite, an welcher das zuerst getrocknete Papier sich befindet, entspricht der Richtung, aus welcher die Luft zuströmt. Das Instrument ist roher und unzuverlässiger als der benetzte, in die Luft gehaltene Finger. Brewster bemerkt dazu, daß es zu genaueren Resultaten führen würde, wenn man statt des Fließpapiers Thermometer anbrächte, welche mit nassem Papier überzogen wären, auch wohl durch eine leicht anzubringende Vorrichtung fortwährend benetzt erhalten würden. Könnte man den Feuchtigkeitszustand der Luft mit derselben Leichtigkeit, wie die Temperatur derselben bestimmen, so könnte man auf solche Weise allerdings ein eigentliches Anemometer herstellen, denn von der Feuchtigkeit, der Temperatur und der Geschwindigkeit der Bewegung des Luftstromes hängt es allerdings ab, wie groß die Verdunstung an dem mit einem feuchten Körper verbundenen Thermometer und wie groß also auch die durch die Verdunstung erzeugte Abkühlung und das Sinken des Thermometers ist.

Hierher gehört auch das Leslie'sche Thermo-Anemometer**). Dasselbe besteht aus einem Alkohol-Thermometer, welches eine wenigstens $1/_2$ Zoll im Durchmesser haltende Kugel und eine verstellbare Scale hat. Dasselbe wird mit der Hand erwärmt und dann die Zeit bestimmt, während welcher es bis zu seiner früheren Temperatur in ruhender Luft abkühlt. Dann erwärmt man es nochmals in der Hand und setzt es der bewegten Luft aus. Man bestimmt abermals die Zeit, welche vergeht, bis es zu dem ursprünglichen Stande zurückkehrt. Hierauf berechnet man den Quotienten aus beiden Zeitbestimmungen, zieht 1 ab und multiplicirt das Resultat mit $4^1/_2$, so soll man die Geschwindigkeit des Windes in engl. Meilen erhalten. Die Unzuverlässigkeit dieser Berechnung nach den so vielen Zufälligkeiten ausgesetzten Beobachtungen liegt auf der Hand.

Endlich hat man auch noch die Töne, welche der Wind unter Umständen je nach seiner größeren oder geringeren Geschwindigkeit erzeugt, zu anemometrischen Vorrichtungen zu benutzen vorgeschlagen. Leupold***) hat vorgeschlagen, dem Winde eine Pfeife entgegenzustellen, deren Höhe oder Tiefe des Tones die Geschwindigkeit des Windes erkennen lassen soll. Da man mit Hülfe einer Aeolsharfe (s. d. Art.) leicht und scharf bestimmen kann, welche Geschwindigkeit der Luftbewegung einem bestimmten Tone derselben entspricht, so ließe sich allerdings an einem solchen dem Winde stets unter demselben Winkel entgegenzustellenden Instrumente die Geschwindigkeit des Windes aus dem Tone erkennen.

Das Beobachten eines Instrumentes wie das Anemoskop und das Anemometer, welches unter dem Einflusse einer fortwährend in ihrer Richtung und Intensität sich verändernden Kraft steht, ist beschwerlich und vielen Irrungen ausgesetzt, wenn

---

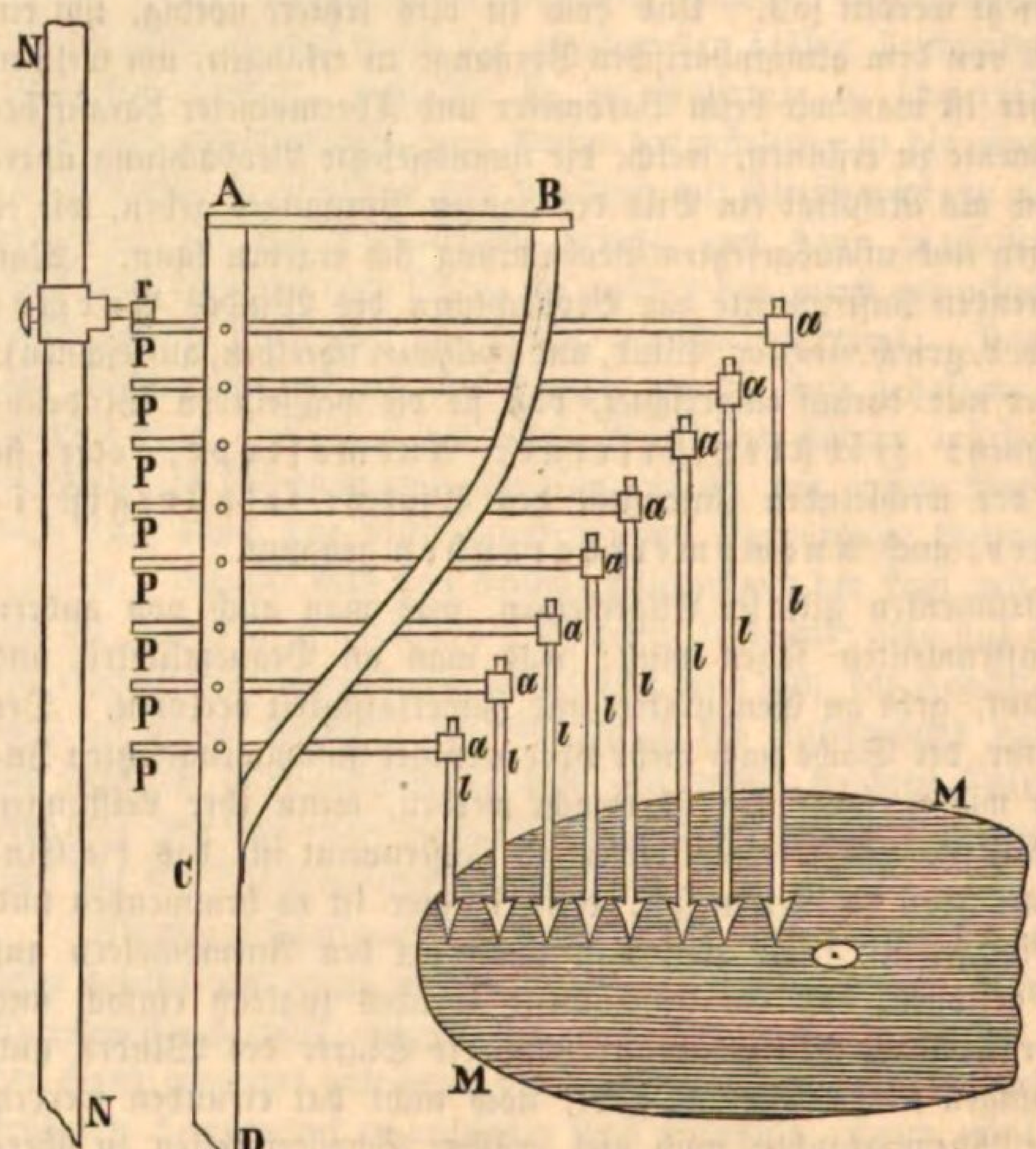
*) Edinb. Journ. of Science. No. XVII. p. 167.
**) Rees, Encycl. Vol. XXXVIII. Art. Wind-gage.
***) Theatr. aerostat. cap. X. §. 122. 133.

es längere Zeit fortgesetzt werden soll. Und doch ist dies letztere nöthig, um ein vollständig klares Bild von dem atmosphärischen Vorgange zu erlangen, um welchen es sich handelt. Daher ist man wie beim Barometer und Thermometer darauf bedacht gewesen, Instrumente zu ersinnen, welche die unausgesetzte Beobachtung überflüssig machen und doch als Resultat ein Bild des ganzen Vorganges geben, wie es nur aus einer allseitigen und unausgesetzten Beobachtung sich ergeben kann. Man hat diese selbstregistrirenden Instrumente zur Beobachtung des Windes Anemographen genannt (v. d. griech. ἄνεμος, Wind, und γράφειν, schreiben, aufzeichnen). Dieselben sind entweder nur darauf eingerichtet, daß sie die wechselnden Windrichtungen selbst aufzeichnen: selbstregistrirende Anemoskope, oder sie geben auch ein Bild der wechselnden Intensität des Windes: selbstregistrirende Anemometer, auch Anemometrographen genannt.

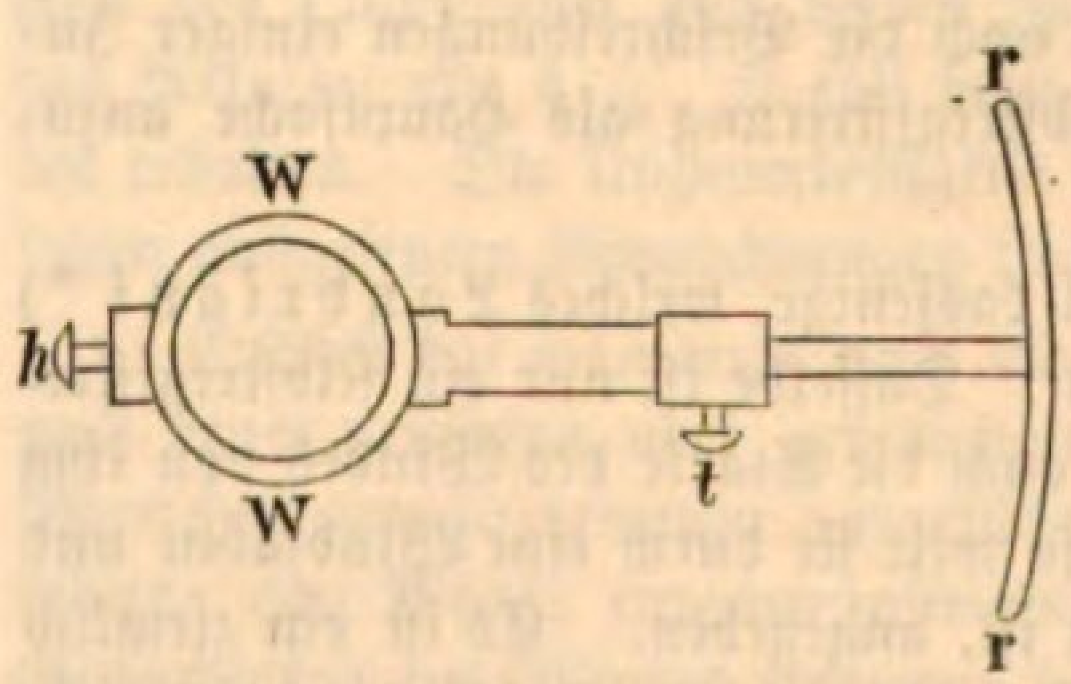
Von diesen Instrumenten gilt im Allgemeinen, was man auch von andern selbstregistrirenden Instrumenten sagen muß: was man an Bequemlichkeit und Uebersichtlichkeit gewinnt, geht an Genauigkeit und Zuverlässigkeit verloren. Der Gang dieser, der Natur der Sache nach mehr oder weniger zusammengesetzten Instrumente selbst müßte wieder sorgfältig überwacht werden, wenn ihre Leistungen ganz zuverlässig sein sollten, und je complicirter ein Instrument ist, das die Einflüsse einer Naturgewalt selbst registriren soll, desto leichter ist es hemmenden und störenden Einflüssen bloßgestellt. Ist man nun schon bei den Anemometern auf solche Schwierigkeiten gestoßen, daß ein Instrument, welches zugleich einfach und bequem wäre und vergleichbare Bestimmungen über die Stärke des Windes und ganz genaue Bestimmungen seiner Richtung gäbe, noch nicht hat erfunden werden können; so haben die Anemographen noch viel größere Schwierigkeiten zu überwinden. Bei einigen der bereits erwähnten Instrumente ist die Möglichkeit einer Selbstregistrirung schon angedeutet, mehrere geben wenigstens die Maxima der Windstärke an. Im Nachfolgenden theile ich noch die Beschreibungen einiger Instrumente mit, bei denen der Apparat der Selbstregistrirung als Hauptsache anzusehen ist.

Das älteste derartige Instrument ist wohl dasjenige, welches Landriani *) auf seinem Observatorium in Mailand errichtete. Dasselbe ist nur ein selbstregistrirendes Anemoskop, da nur die Richtung, nicht auch die Stärke des Windes von ihm notirt wird, und auch die Richtung wird nur, so weit sie durch eine Windfahne und nach 8 Gegenden der Windrose zu charakterisiren ist, angegeben. Es ist ein ziemlich einfaches und zuverlässiges Instrument. Die umstehende Zeichnung giebt die wesentlichsten Theile desselben an. Die Windfahne, welche in der Zeichnung weggelassen, ist von gewöhnlicher Einrichtung. Dieselbe sitzt an einer hinlänglich langen, in das Beobachtungszimmer herabgehenden, eisernen Stange NN, die, wie gewöhnlich, mit ihrer unteren stählernen Spitze leicht beweglich in einer conisch ausgehöhlten Vertiefung einer Scheibe von Glockenspeise ruht. Am unteren Theile dieser Stange sind für die acht Windrichtungen eigenthümlich construirte Hebelarme aufgeschraubt, deren Beschaffenheit aus der Zeichnung im vergrößerten Maßstabe leicht hervorgeht. Ein eiserner Ring WW dient dazu, sie auf die Stange zu schieben und bequem in die erforderliche Richtung zu bringen, wo sie vermittelst der Klemmschraube h unbeweglich

*) Gothaisches Magazin. Th. XI. S. 93. Gehler, N. A. Bd. X. S. 2168.



festgestellt werden. Gegenüber ist ein hohler Cylinder angebracht, in welchen ein Stab mit einem Bogenstücke r r gesteckt und mittelst der Klemmschraube t gleichfalls festgestellt wird. Dieser horizontal liegende, an den Enden etwas aufwärts gekrümmte Bogen mißt gerade einen Octanten, und man kann sich leicht vorstellen, daß, wenn deren acht in einer Schraubenlinie auf der eisernen Stange in gehörigem Abstande aufgesteckt werden, diese Bogen im Ganzen



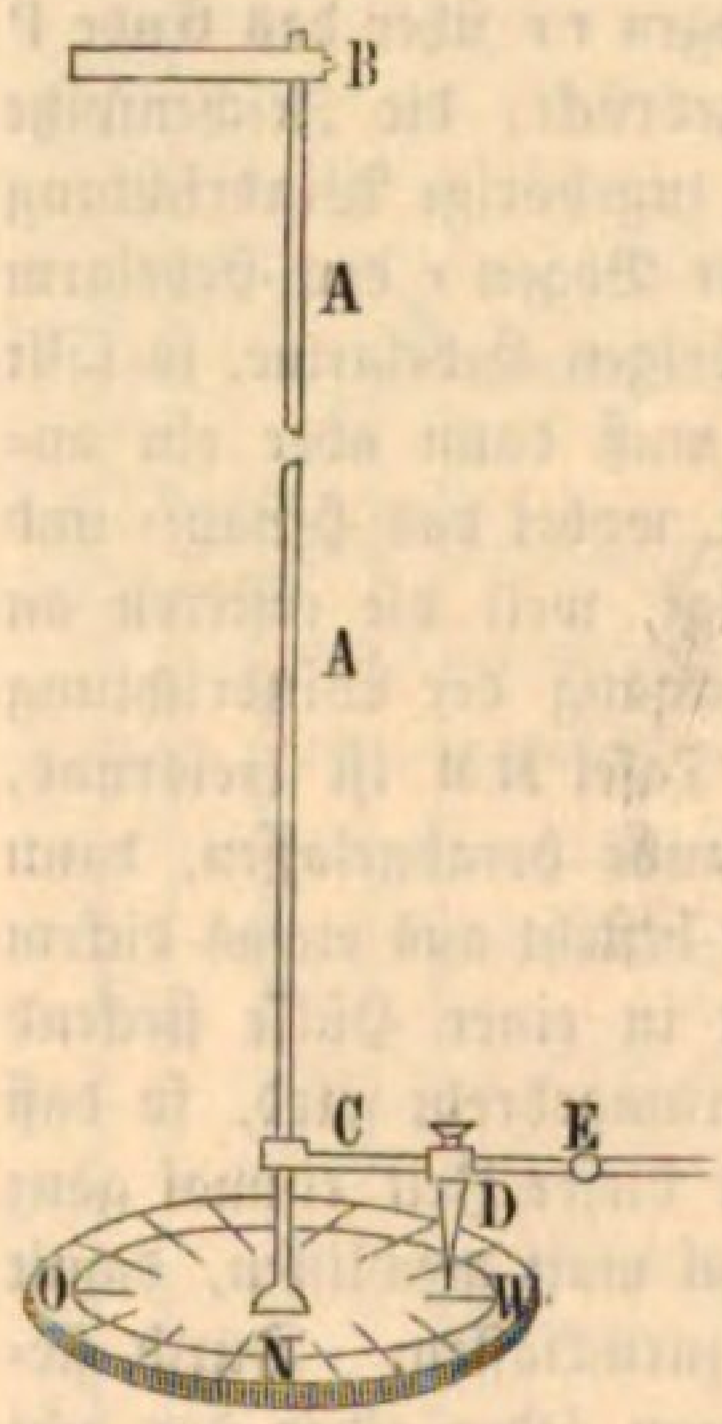
einen Kreis bilden. Jeder von ihnen gehört somit zu einer der acht Windrichtungen und muß durch die Drehung der Windfahne von selbst dem Meßapparate des Windes gegenüber zu stehen kommen. Es würde überflüssig sein, sie alle in ihren verschiedenen Stellungen zu zeichnen, und es genügt vielmehr, dieses nur bei einem zu thun. Der zum Aufzeichnen der Windrichtungen dienende Apparat besteht aus dem Rahmen A C B, dessen untere Stange D in einer Hülse auf und ab verschiebbar ist und durch eine Klemmschraube in der gehörigen Höhe festgestellt wird. Durch diesen Rahmen gehen die horizontalen vierkantigen Stäbe P P P ..... mit Hülsen a a a ..... an ihren Enden, durch welche die verticalen Stäbe l l l ..... gesteckt werden, die als Träger der Zeichenstifte dienen. Die Hülsen a a a ..... sind entweder federnd, um diese Träger in beliebiger Höhe festzustellen, oder Letzteres geschieht mittelst Klemmschrauben, was Landriani wählte. Die horizontalen Stäbe sind in dem Schenkel A C des Rahmens mittelst durchgesteckter Stifte beweglich, ruhen aber auf schwachen Federn im anderen Schenkel B C, die zwar die Berührung der Zeichenstifte mit der Glastafel nicht hindern, wohl aber ihren Druck auf dieselbe bei allen Stäben gleich machen und hauptsächlich bei den längeren ein zu gewaltsames Auffallen verhüten. Bringt der

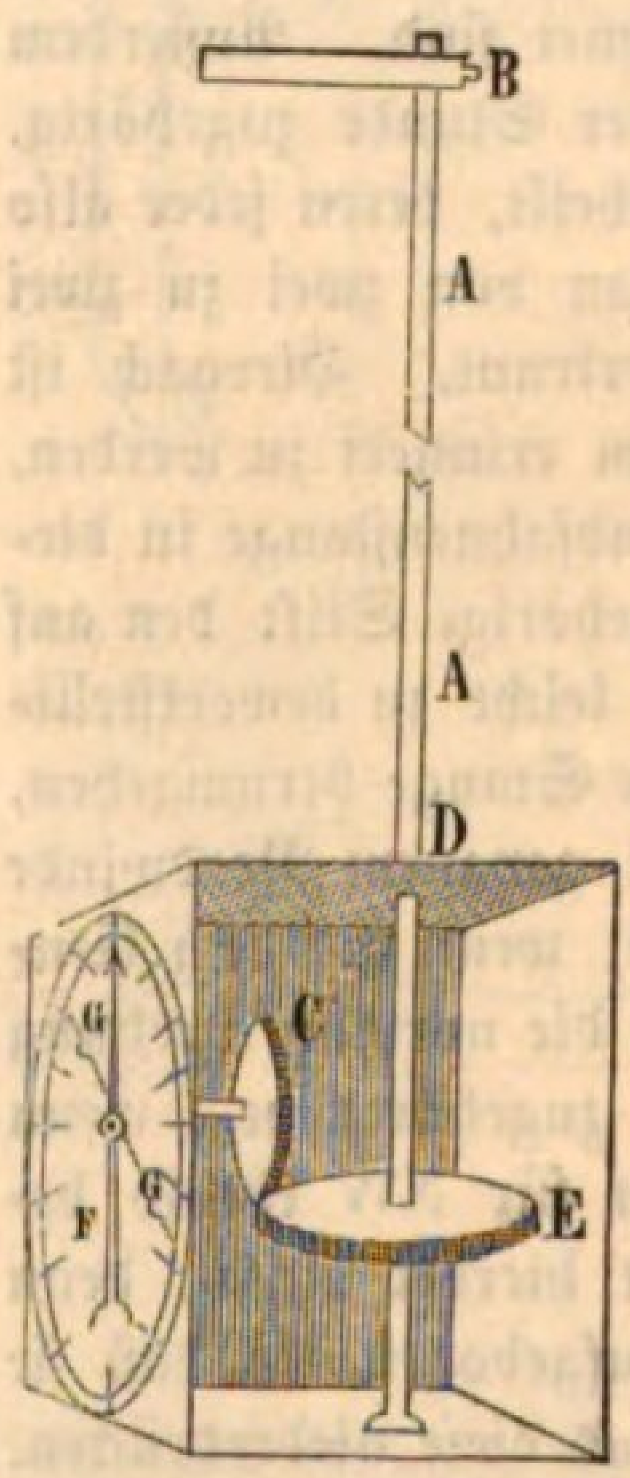
Wind mittelst der Drehung der Stange NN einen der Bogen rr über das Ende P eines der Stäbe, so wird der kürzere Hebelarm niedergedrückt, die Zeichenspitze außer Berührung mit der Glastafel gesetzt, und die dieser zugehörige Windrichtung wird daher nicht gezeichnet, was so lange dauert, als der Bogen r den Hebelarm niederhält. Entfernt sich der Octant von dem ihm zugehörigen Hebelarme, so fällt der Zeichenstift wieder auf die Scheibe herab, gleichzeitig muß dann aber ein anderer Octant den ihm zugehörigen Hebelarm niederdrücken, wobei das Hinauf- und Herabgleiten der Octanten auf die Hebelarme leicht erfolgt, weil die ersteren an beiden Enden etwas aufgebogen sind, so daß auch ein Rückgang der Windrichtung auf gleiche Weise mit Sicherheit bezeichnet wird. Die Tafel MM ist kreisrund, liegt genau horizontal und kann mittelst einer Stellschraube herabgelassen, dann unter den Stiften weggezogen und gereinigt werden. Sie besteht aus etwas dickem Spiegelglase und ist auf einem Zapfen befestigt, welcher in einer Hülse steckend mittelst eines Uhrwerkes binnen 12 Stunden einmal herumgedreht wird, so daß die Scheibe sich gleichfalls in horizontaler Ebene binnen dieser Zeit einmal ganz herumdreht. Auf ihrer oberen Seite ist sie mit Schmirgel matt geschliffen, damit auf dieser rauhen Fläche die Zeichenstifte sichtbare Linien zurücklassen. Durch sieben concentrische Kreise ist sie in acht Ringe getheilt, deren jeder einer der acht Windrichtungen zugehört, die auf der Scheibe gehörig bezeichnet sind. Außerdem ist die Scheibe in 12 Sectoren getheilt, jeder derselben einer Stunde zugehörig, der Bogen jedes Sectors ist aber wieder in 30 Theile getheilt, deren jeder also einem Zeitabschnitte von zwei Minuten zugehört, so daß man von zwei zu zwei Minuten die in jeder Stunde vorgekommene Windrichtung erkennt. Hiernach ist die ganze Einrichtung leicht verständlich und es braucht kaum erinnert zu werden, daß man einen jeden der Ringe mit ihren Bogen auf der Windfahnenstange in diejenige Stellung bringen müsse, vermöge welcher der ihm zugehörige Stift den auf der Scheibe hiernach bezeichneten Streifen trifft. Dieses ist leicht zu bewerkstelligen; denn da die Ringe in einer Schraubenlinie ganz um die Stange herumgehen, so darf man nur z. B. den obersten Ring so stellen, daß bei genauem Nordwinde die Mitte seines Octanten den obersten Hebelarm niederdrückt, wenn der dem Centrum der Scheibe nächste Streif mit Nord bezeichnet ist. Für die normale Drehung des Windes würde dann der zweite Ring der Richtung NO zugehören rc., wenn die folgenden Streifen in dieser Ordnung bis zum äußersten für NW ebenso bezeichnet sind. Eine rückgängige Drehung des Windes schadet hierbei nichts, denn die Bogen der Octanten sind an ihren beiden Enden etwas aufgebogen, so daß sie nach jeder Seite hin über die kurzen Hebelarme fortgleiten und diese niederdrücken. So weit ein Strich auf der Scheibe fehlt, herrschte während der Zeit der diesem Streifen zugehörige Wind und das Diarium der Windrichtungen kann hiernach leicht geführt werden. Einen ähnlichen Apparat wie der von Landriani hatte Parrot*) d. Ae. angeblich schon früher verfertigen lassen.

Ein anderes selbstregistrirendes Anemoskop, welches Traill**) um 1830 erfunden hat, besteht in seiner einfachsten Gestalt aus einer gewöhnlichen Windfahne B an einer metallenen Stange AA, die bei größerer Länge der leichteren Beweglichkeit wegen zwischen Frictionsrollen oder, wenn sie kürzer ist, in geeigneten

*) Voigt's Magazin. Bd. I. St. 2. S. 144.

**) Edinb. New philos. Journ. No. XXXV. p. 193 u. No. XLIV. p. 313.





Ringen umläuft. Am unteren Ende ist sie mit einem stählernen Kegel versehen, welcher auf einem Feuersteine in einer Vertiefung, wie sich solche oft bei diesen Fossilien finden, ruhet. Letzterer wird in der Mitte einer gewöhnlichen runden Schreibschieferplatte befestigt, auf deren äußerem Rande die Windrichtungen eingegraben sind. Etwa vier Zoll über dieser Tafel ist der horizontale Arm C befestigt, welcher die federnde Hülse D trägt, in welche ein Schieferzeichenstoff eingesetzt wird, welcher beim Drehen der Windfahne und ihrer Stange die Windrichtung aufzeichnet, und um hierbei den erforderlichen Druck zu erhalten und diesen gehörig zu mäßigen, dient das verschiebbare Gewicht E auf dem horizontalen Arme. Findet man es unbequem, die Windrichtung auf diese Weise kenntlich zu machen, so empfiehlt Traill noch eine andere. Die Stange A A tritt hiernach bei D in einen Kasten und ist mit einem horizontalen gezahnten Rade E versehen, dessen Zähne in die eines zweiten vertical stehenden C eingreifen, und da beide gleich groß sind, so werden sie auch gleich viele Umläufe machen. Die Axe des zweiten Rades geht durch die Wandung des Kastens und ist an ihrem Ende mit einem Zeiger versehen, welcher vor einer porzellanenen Scheibe umläuft, auf deren Rande die Windrichtungen gezeichnet sind. Anfangs versah Traill das eine Ende F dieses Zeigers mit einer Hülse und einem darin steckenden Bleistift, welcher auf der Porzellantafel einen feinen, aber sehr kenntlichen Strich zog; weil sich aber die Spitze des Stiftes abnutzte und dann nicht mehr zeichnete, so schien es Traill zweckmäßiger, zwei registrirende Zeiger G G anzubringen, welche die äußersten Grenzen der vorgekommenen Windrichtungen angeben.

Zu der Classe selbstregistrirender Anemometer gehört der sehr sinnreiche, aber viel zu complicirte Apparat von d'Ons-en-Bray *), von welchem Muncke **) eine kurze Beschreibung giebt, die hinreicht, eine Vorstellung von den wesentlichen Stücken der Vorrichtung zu erlangen. Das Ganze besteht aus drei abgesonderten Apparaten, die vereinigt eine graphische Darstellung der Richtung und Stärke des Windes für je 24 Stunden geben. Um die Richtung des Windes zu wissen, dient eine gemeine Windfahne, welche hinlänglich groß und daher sowohl leicht beweglich ist, als auch mit genügender Kraft wirkend eine oben vom Dache herab in das Beobachtungszimmer fortgehende Stange in Bewegung setzt. Unten in diesem Zimmer ist die Stange mit einem starken Cylinder versehen, in welchem in einer schraubenförmig ihn umgebenden Linie 32 Stifte eingeschlagen

*) Histoire de l' Acad. des Sciences. Ann. 1734. p. 123.
**) Gehler, N. A. Bd. X. 2. S. 2164.

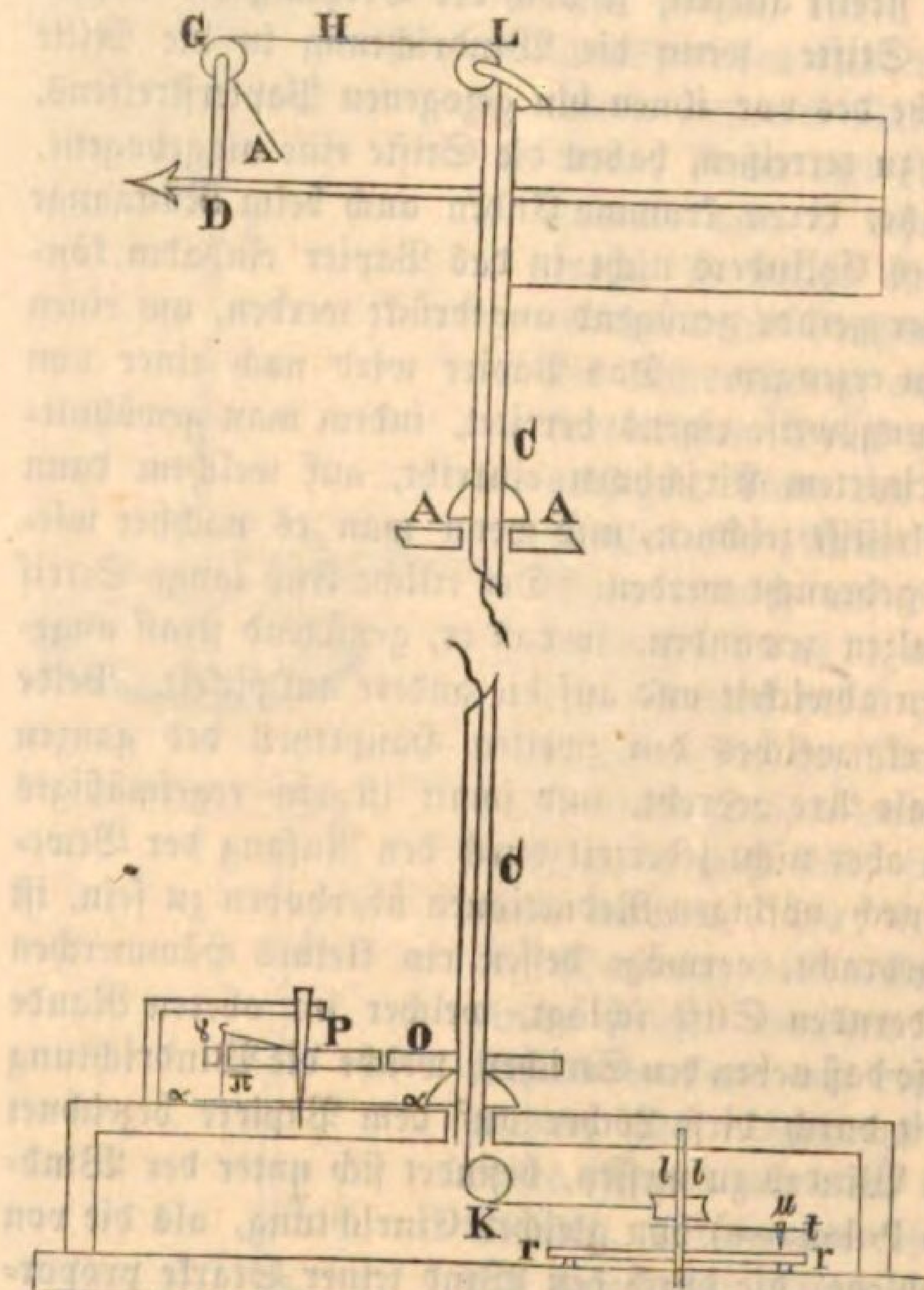
sind, die zur Bezeichnung der 32 Windrichtungen dienen. An diesem Cylinder, seiner Axe parallel, wird die Fläche eines breiten und sehr langen Streifens Papier vorbeigeführt, und da die einzelnen Stifte vermöge der schraubenförmigen Windung sich in ungleicher Höhe befinden, so streift allezeit, je nach der Drehung der Windfahne, nur einer oder auch zwei Stifte, wenn die Windrichtung in die Mitte zwischen beide fällt, über die Fläche des vor ihnen hin gezogenen Papierstreifens. Um aber hierbei das Papier nicht zu zerreißen, haben die Stifte eine umgebogene, in einem Charnier bewegliche Spitze, deren krumme Enden auch beim Rückgange oder bei wiederholten Drehungen des Cylinders nicht in das Papier einhaken können, die aber durch eine kleine Feder gerade genügend angedrückt werden, um einen sichtbaren Strich auf dem Papier zu erzeugen. Das Papier wird nach einer von Winslow angegebenen Verfahrungsweise eigens bereitet, indem man gewöhnliches starkes Schreibpapier mit calcinirtem Hirschhorn einreibt, auf welchem dann die Stifte einen Streif wie von Bleistift zeichnen, und wenn man es nachher wieder abreibt, so kann es wiederholt gebraucht werden. Der etliche Fuß lange Streif wird auf zwei vertical stehende Walzen gewunden, so daß er, genügend straff angezogen, sich gleichzeitig von der einen abwickelt und auf die andere aufwickelt. Beide Walzen werden durch ein Uhrwerk, welches den zweiten Haupttheil des ganzen Apparates bildet, um ihre verticale Axe gedreht, und somit ist ein regelmäßiges Auf- und Abwickeln gegeben; um aber nicht jederzeit durch den Anfang der Bewegung gehindert und um der hierdurch nöthigen Reductionen überhoben zu sein, ist noch ein zweiter Mechanismus angebracht, vermöge dessen ein kleines Hämmerchen jede Viertelstunde gegen einen federnden Stift schlägt, welcher im oberen Rande des Papierstreifens ein Loch macht, so daß neben den Strichen, welche die Windrichtung anzeigen, auch die zugehörige Zeit durch diese Löcher auf dem Papiere bezeichnet ist. Um die Geschwindigkeit des Windes zu messen, befindet sich unter der Windfahne eine Trommel (moulin à la Polonaise) von gleicher Einrichtung, als die von Leutmann (s. S. 199) empfohlene, die durch den Wind seiner Stärke proportional schneller herumgetrieben wird. Am tiefer herabgehenden Ende der diese Trommel tragenden Axe ist ein gezahntes Rad, welches in ein Getriebe eingreift und dieses herumdreht. Von diesem geht eine Stange in das Beobachtungszimmer herab. Nach der Einrichtung des zugehörigen Räderwerkes werden 400 Umläufe der Trommel erfordert, um einen kleinen Hammer zu heben, der dann gegen einen Stift schlägt und mittelst desselben in einen Streifen Papier an dessen oberem Rande ein kleines Loch bohrt. Diese Papierstreifen sollen 18 bis 20 Fuß lang und 1,5 Zoll breit sein; sie werden auf gleiche Weise, als die vorhin beschriebenen breiteren, von einer Walze auf die andere durch das im Beobachtungszimmer befindliche Uhrwerk gewickelt, und während am oberen Rande derselben die genannten Löcher zum Zählen der Umdrehungen der Trommel eingestochen werden, ist ein dem bereits beschriebenen gleicher Mechanismus angebracht, mittelst dessen am unteren Rande jede Viertelstunde Löcher eingeschlagen werden. Sowie daher die breiten Streifen die den Zeiten zugehörigen Windrichtungen graphisch darstellen, geben die schmalen die denselben Zeiten zukommenden Intensitäten.

Muncke *) theilt ferner die Beschreibung eines Anemometers mit, welches

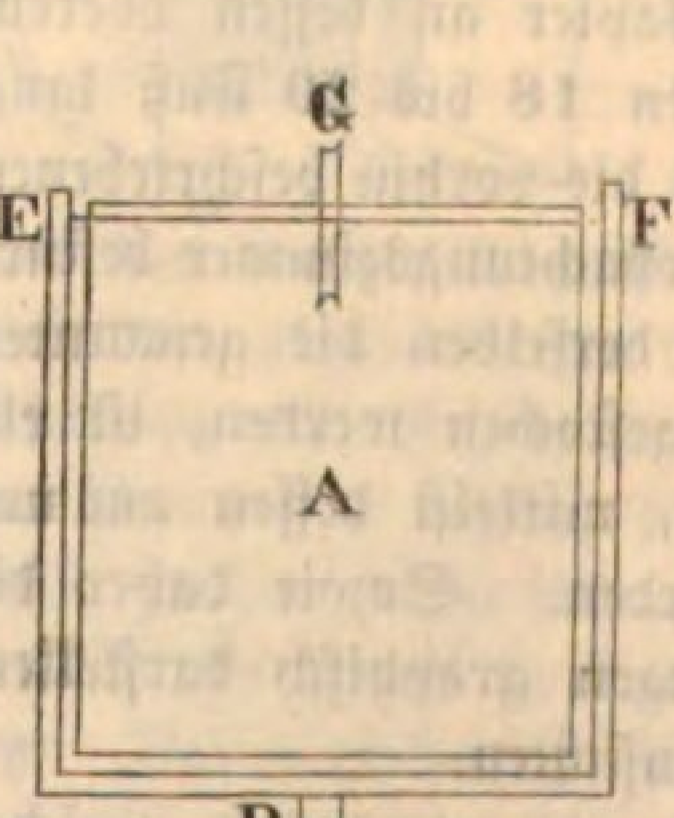
---

*) Gehler, N. A. Bd. X. S. 2213. Das Instrument wird zuerst beschrieben in Mechanic Magazine. Nr. 192., v. 28. April 1827. p. 264, und hiernach in Dingler's polyt. Journ. Bd. XXV. S. 223.

er durch Abänderung einiger Räder zur Selbstregistrirung eingerichtet hat, und das hierdurch zu einem Anemographen geworden ist, der sich durch seine Einfachheit empfiehlt.



In der Zeichnung sieht man die gemeine Windfahne, die, hinlänglich hoch über das Dach A A vorstehend, an der hohlen Stange C C festsitzt. Letztere geht in das Beobachtungszimmer herab und hat an ihrem unteren Ende ein Getriebe O, welches in ein gleichfalls horizontales Rad P von einer gleichen Anzahl Zähne eingreift, dieses umdreht und bewirkt, daß der hieran befestigte Stift π auf der darunter liegenden Tafel $\alpha\,\alpha$ die Richtung des Windes aufzeichnet. Eine Schiefertafel und ein geeigneter Zeichenstift würden hierzu am paßlichsten sein, auch ist zum Ueberflusse die schwache Feder γ angedeutet, welche diesen Stift in seiner Hülse gerade genügend herabdrückt. Da man nach beliebigen Zeitintervallen die gezeichneten Linien wegwischen kann, so ist hiermit die Richtung des Windes vollständig gegeben; verlangte man aber noch mehr, so ließe sich die Tafel leicht durch ein Uhrwerk bewegen. Im Original steht das Rad P vertical und trägt auf seiner dann horizontalen Axe einen Zeiger, welcher auf einem Zifferblatte die Windrichtungen beobachten läßt.

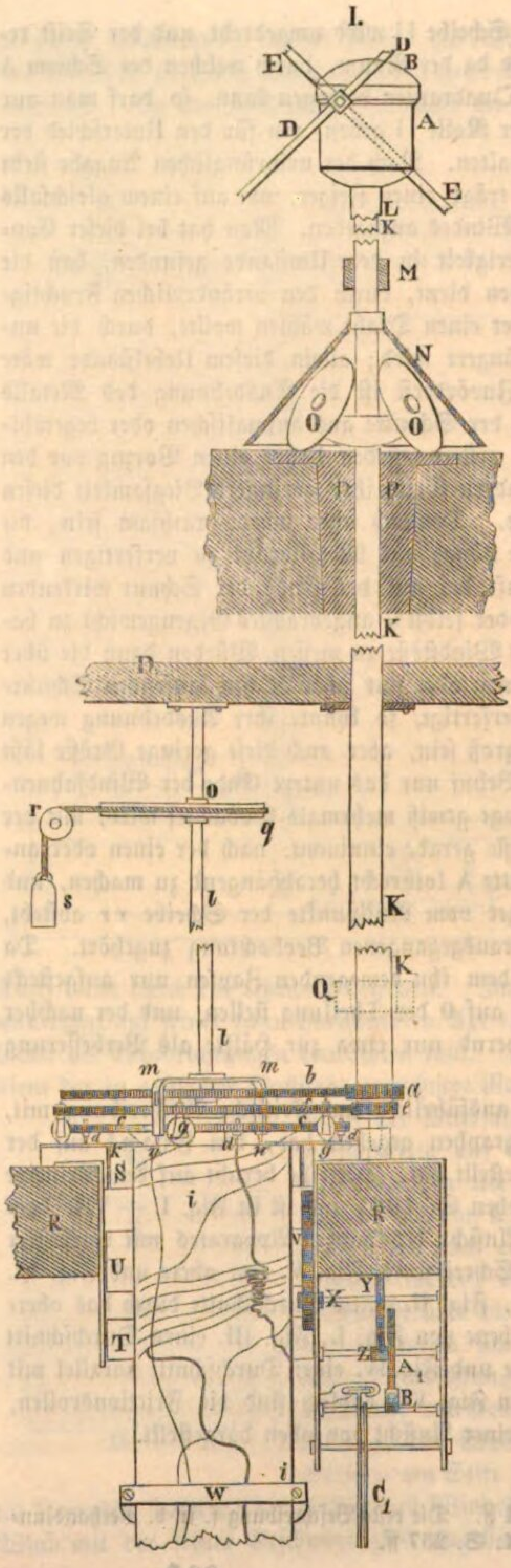


Zum Messen der Stärke des Windes dient der in größerem Maßstabe gezeichnete Rahmen E D F, welcher vertical auf dem Pfeile der Windfahne so aufgesetzt ist, daß beider Ebenen rechtwinkelig auf einander gerichtet sind. Dieser Rahmen trägt den um die feine Axe E E leicht beweglichen, dünnen Schirm A, an dessen oberer Seite die Rolle G (statt deren auch ein Halbkreis oder selbst ein Quadrant genügen würde) befestigt ist. Von dieser läuft eine Schnur H über die Rolle L durch die Röhre C C hinab und ist unten um die Rolle K geführt, dann um die Rolle l l geschlungen und ihr Ende durch eine Spiralfeder oder ein Gewicht erforderlich gestrafft. Die Rolle l l trägt den Stab t, an dessen einem Ende durch die Hülse μ ein Stift herabgeht, um auf der unten horizontal liegenden Tafel r r die Stärke des Windes graphisch darzustellen. Drückt der Wind mit der seiner Geschwindigkeit zugehörenden Gewalt die Tafel A zurück, so

zieht die Rolle G die Schnur an, die Scheibe 11 wird umgedreht und der Stift registrirt die zugehörige Windstärke, und da der Raum, durch welchen der Schirm A gehoben wird, nicht mehr als einen Quadranten betragen kann, so darf man nur der Rolle G den vierfachen Radius der Rolle 11 geben, um für den Unterschied der Windstärke einen ganzen Kreis zu erhalten. Nach der ursprünglichen Angabe steht die Ebene der Rolle 11 vertical und trägt einen Zeiger, um auf einem gleichfalls verticalen Zifferblatte die Stärke des Windes anzugeben. Man hat bei dieser Construction eine unüberwindliche Schwierigkeit in dem Umstande gefunden, daß die Schnur, welche die Rolle 11 umzudrehen dient, durch den veränderlichen Feuchtigkeitszustand und, wenn man statt ihrer einen Draht wählen wollte, durch die ungleiche Temperatur verkürzt oder verlängert wird; allein diesem Uebelstande wäre (sagt Muncke) leicht abzuhelfen. Zuvörderst ist die Ausdehnung des Metalls durch Wärme ungleich kleiner, als die der Schnüre aus animalischen oder vegetabilischen Stoffen durch die Feuchtigkeit; erstere würden daher einen Vorzug vor den letzteren haben, wenn nicht von der andern Seite ihre geringere Biegsamkeit diesen Vortheil mehr als gänzlich aufhöbe. Dennoch aber würde rathsam sein, die ganze, durch die Röhre herabgehende Länge aus Metalldraht zu verfertigen und das Gewicht derselben, sowie die Kraft der auf das Ende der Schnur wirkenden Spiralfeder durch ein an der Rolle L oder selbst G angebrachtes Gegengewicht zu balanciren, um die Kraft auch der leisesten Windstöße zu messen. Würden dann die über die Rollen oben und unten geschlungenen oder nur über sie hin laufenden Schnüre aus den hygroskopischen Substanzen verfertigt, so könnte ihre Ausdehnung wegen ihrer geringen absoluten Länge nicht groß sein, aber auch diese geringe Größe läßt sich beseitigen. Man darf zu diesem Behuf nur das untere Ende der Windfahnenstange, da dieser Apparat an jedem Tage gewiß mehrmals beobachtet wird, mit der Hand um 90° von dem Stande, den sie gerade einnimmt, nach der einen oder anderen Seite herumdrehen, um die Platte A lothrecht herabhängend zu machen, und die Größe, um welche dann der Zeiger vom Nullpunkte der Scheibe r r absteht, giebt den Fehler an, welcher der vorausgegangenen Beobachtung zugehört. Da aber der Zeiger oder der Stab t auf dem ihn bewegenden Zapfen nur aufgesteckt ist, so wird man ihn jederzeit wieder auf 0 der Theilung stellen, und der nachher gefundene Fehler würde daher annähernd nur etwa zur Hälfte als Verbesserung einzuführen sein.

Ich theile im Nachstehenden die ausführliche und kritische Beschreibung mit, welche Hülsse *) von dem Anemographen gegeben hat, den Frank auf der Saline Dürrenberg im J. 1826 aufgestellt hat. Derselbe beruht auf dem Principe des Woltmann'schen Flügels (s. oben S. 199) und ist in Fig. I. — VII. dargestellt. Fig. I. giebt eine vordere Ansicht des ganzen Apparates mit verkürzter Verbindung zwischen Flügelwerk und Schreibwerk, Fig. V. eine obere und Fig. VI. eine Seitenansicht des Schreibwerkes, Fig. II. einen Durchschnitt durch das obere Gehäuse, parallel mit der Projectionsebene von Fig. I., Fig. III. einen Durchschnitt desselben nach einer horizontalen Ebene und Fig. IV. einen Durchschnitt parallel mit der Projectionsebene von Fig. VI. In Fig. VII. endlich sind die Frictionsrollen, welche den oberen Apparat tragen, in einer Ansicht von oben dargestellt.

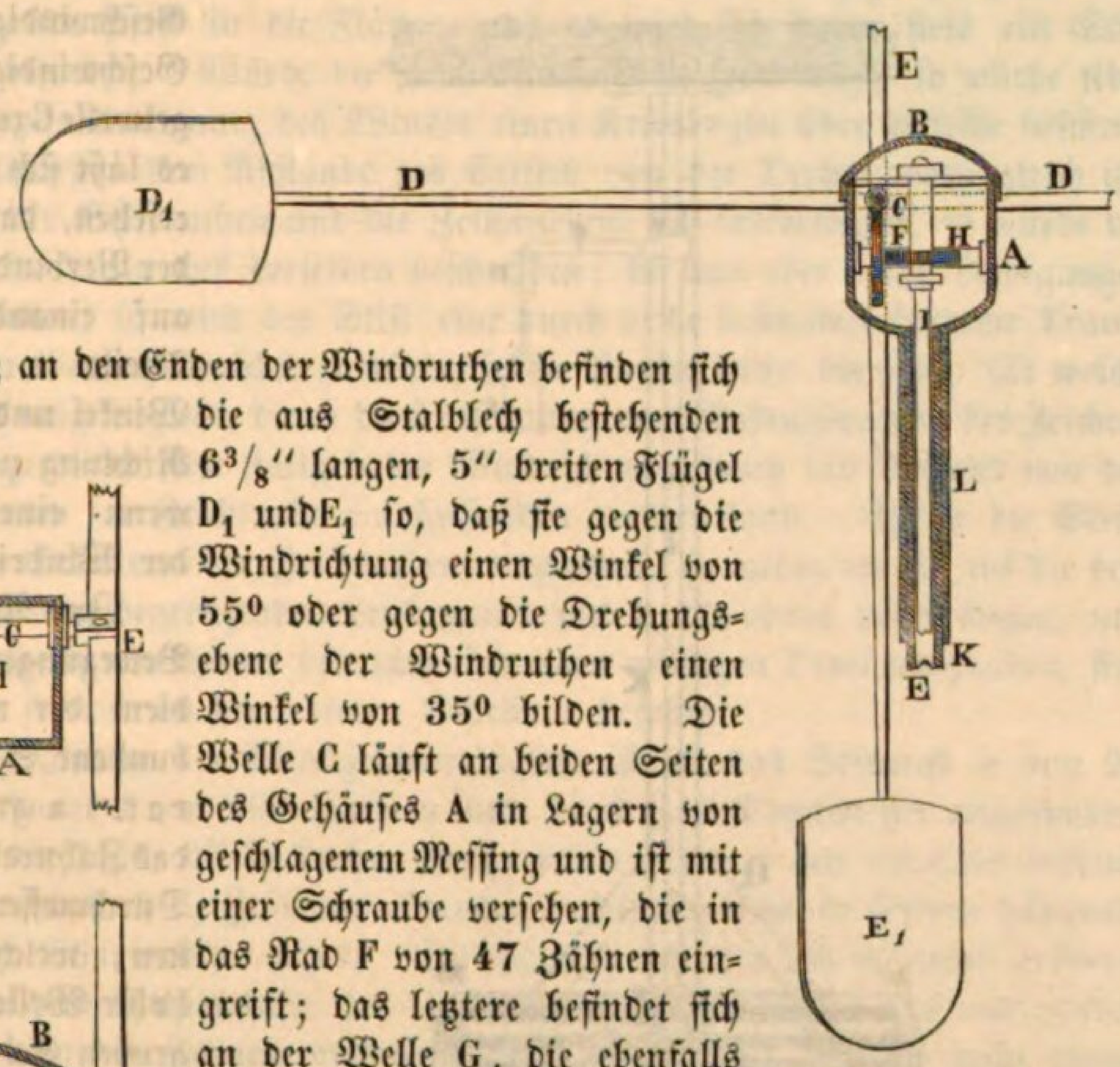
*) Maschinen-Encycl. Bd. I. S. 214 ff. Die erste Beschreibung s. in d. Verhandlungen des preuß. Gewerbvereins. Jahrg. 1831. S. 257 ff.



Der Anemograph befindet sich in einem runden breternen Thürmchen mit flachem Blechdach; in Fig. V. ist eine Säule, in Fig. I. und VI. ein paar Riegel und in Fig. I. das Dach durchschnitten gezeichnet, übrigens aber ist die besondere Darstellung dieses Thürmchens als unwesentlich weggelassen. Durch die Mitte des Daches ist das conische, oben $^5/_8$, unten 1 Zoll im Lichten weite Rohr K von 86″ Länge geführt, an welches bei M eine große, aus Eisenblech gebildete Windfahne mit Gegengewicht befestigt ist. Das Rohr ruht mit seinem ganzen Gewichte auf dem Dache auf und wird durch eine Leitung im Dache und durch einen unten angebrachten eisernen Bügel Q mit einem Messingfutter in seiner Richtung erhalten. Etwa in der Mitte ist in das Rohr ein Blechtrichter N angelöthet, welcher die drei Frictionsrollen O bedeckt, die auf der Messingplatte P laufen und an Axen angeschoben sind, welche unverschiebbar mit dem Rohre K verbunden sind. Unten ist an dem Rohre K das kleine Zahnrad a von $1^3/_4$ Zoll Durchmesser und 1″ Höhe mit 32 Zähnen angebracht, welches die Verbindung zwischen der Windfahne und der später zu beschreibenden Schreibmaschine herstellt.

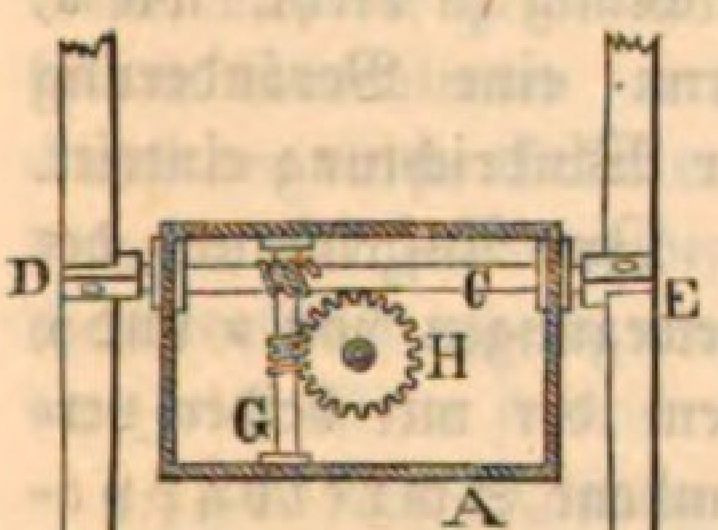
Das Rohr K trägt über der Windfahne an seinem oberen Ende das Gehäuse A mit dem Deckel B, welches den Flügelapparat enthält; es ist unterhalb mit dem Rohre L so über K geschoben und befestigt, daß die Axe C genau parallel mit der Ebene der Fahne und daher die Bewegungsebene der Flügel senkrecht gegen die Ebene der Windfahne gerichtet ist. Durch das Gehäuse hindurch geht die stählerne, $^1/_2$ Zoll starke Welle C, an deren beiden Köpfen

II.

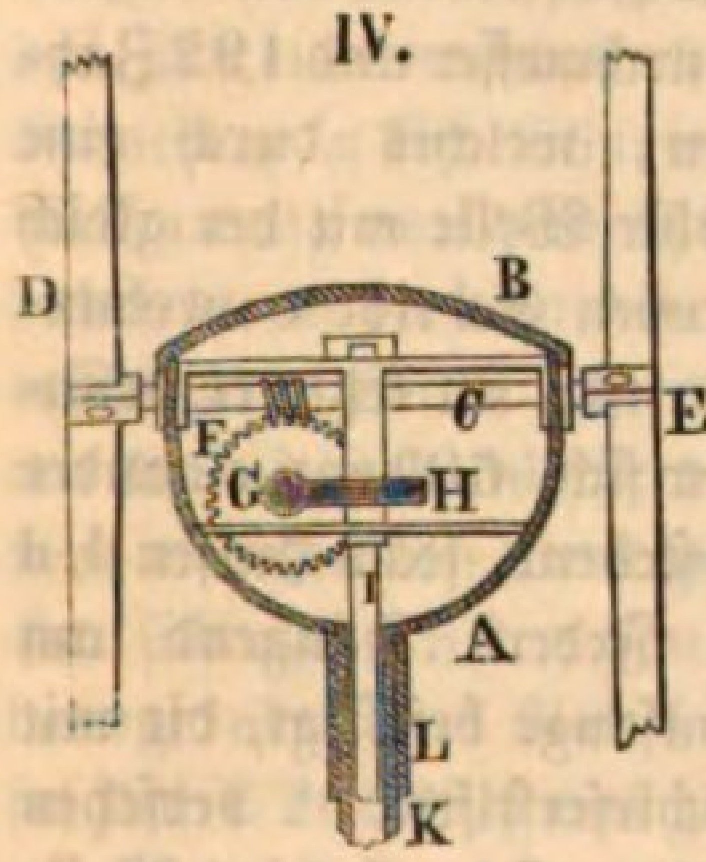


die beiden 42″ langen Windruthen D und E so angeschoben und befestigt sind, daß sie unter rechten Winkeln gegen einander stehen; an den Enden der Windruthen befinden sich die aus Stalblech bestehenden $6^3/_8$″ langen, 5″ breiten Flügel D_1 und E_1 so, daß sie gegen die Windrichtung einen Winkel von 55⁰ oder gegen die Drehungsebene der Windruthen einen Winkel von 35⁰ bilden. Die Welle C läuft an beiden Seiten des Gehäuses A in Lagern von geschlagenem Messing und ist mit einer Schraube versehen, die in das Rad F von 47 Zähnen eingreift; das letztere befindet sich an der Welle G, die ebenfalls eine Schraube trägt und mit dieser in das horizontale Rad H von 26 Zähnen eingreift, welches an einem kleinen aufrecht stehenden Röhrchen sitzt, das durch eine vierkantige Höhlung auf die ebenfalls vierkantige Spitze der Spindel I aufgesetzt ist. Diese Spindel ist oben $^1/_3$, unten $^3/_4$″ stark, geht durch das ganze Rohr K hindurch und ruht unten über R mit einer verstählten Spitze auf einem messingenen Zapfenlager auf; unmittelbar über diesem Zapfen ist sie mit dem Zahnrad e von 20 Zähnen versehen, welches die Verbindung mit dem Schreibapparate herstellt und sich einmal umdrehen wird, wenn die Flügelwelle 26. 47 = 1222 Umdrehungen gemacht hat.

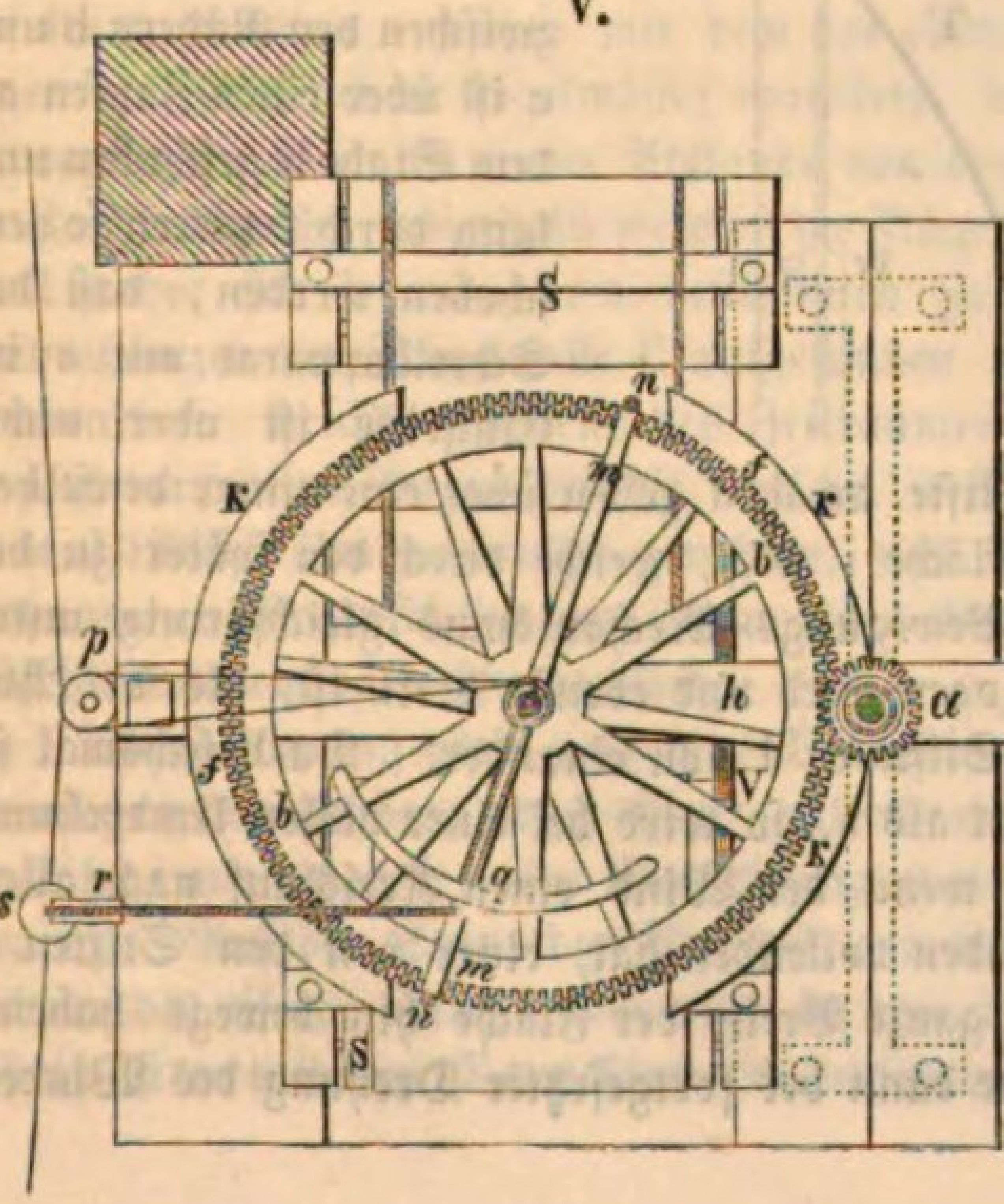
III.



IV.

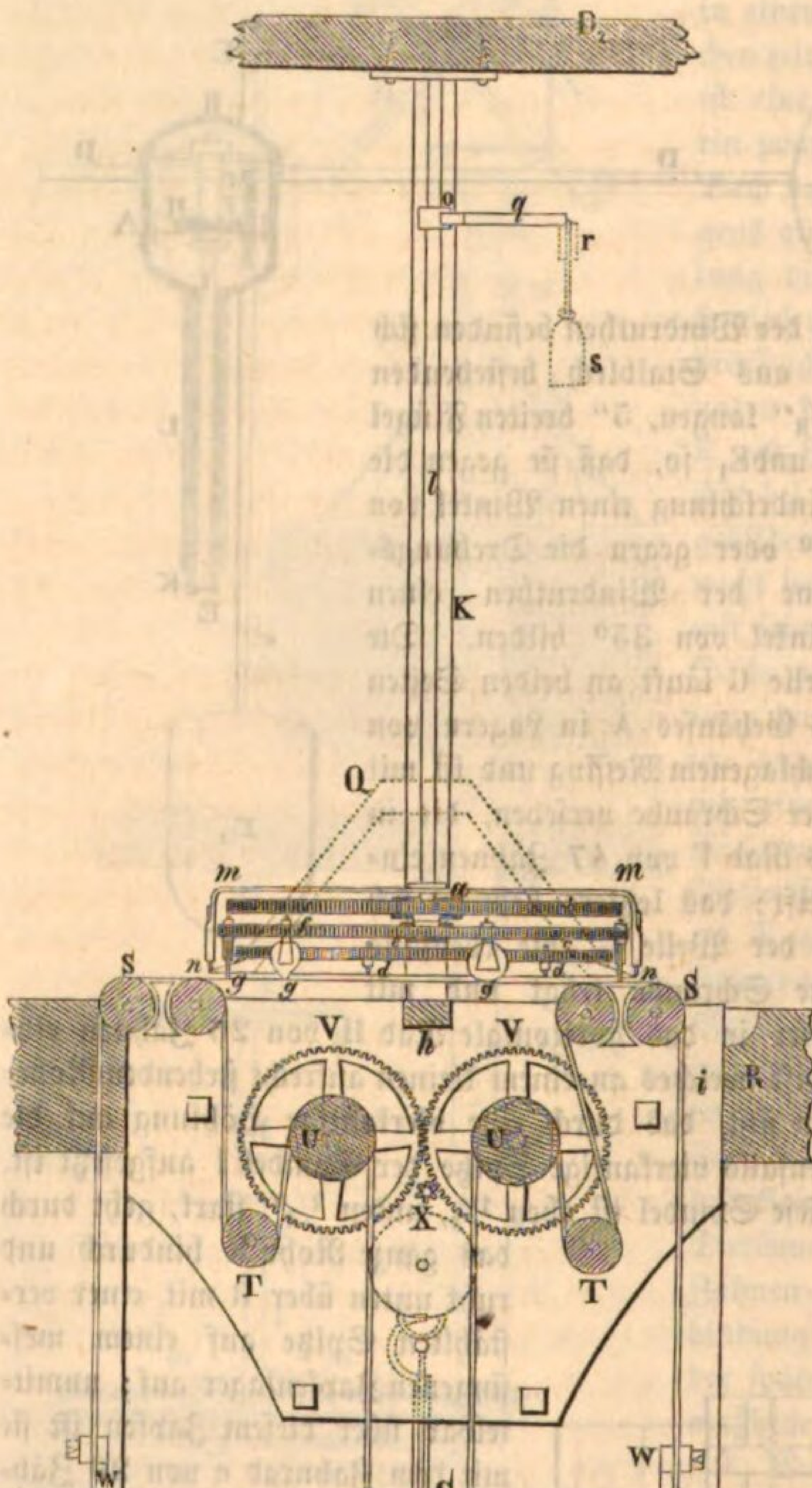


V.



Der beschriebenen Einrichtung zufolge ist nun klar, daß sich das Rad a mit jeder Veränderung der Windrichtung und zwar in gleichem Sinne mit dem Winde dreht, und daß das Rad e eine Kreis-

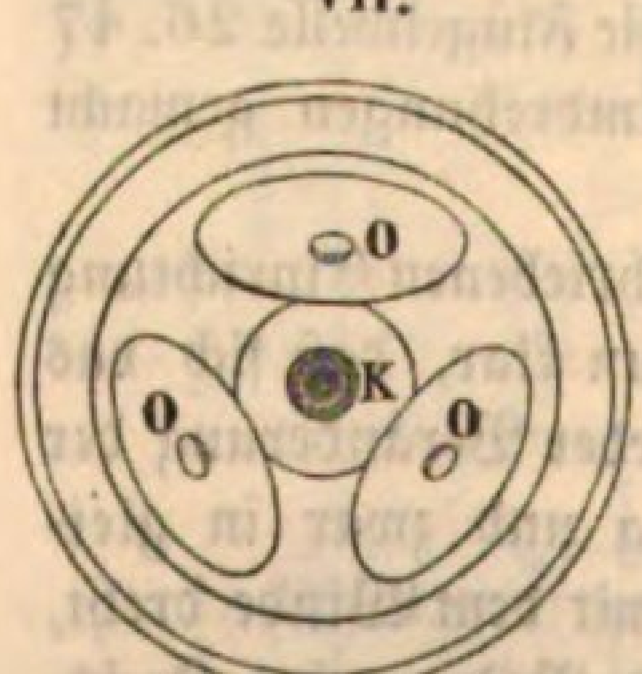
VI.



bewegung annimmt, deren Geschwindigkeit mit der Geschwindigkeit der Flügelwelle C zusammenhängt; es läßt sich aber auch leicht ersehen, daß sich vermöge der Verbindung der einzeln auf einander wirkenden Theile e um denselben Winkel und nach derselben Richtung zu dreht, wie a, wenn eine Veränderung der Windrichtung eintritt.

Zur Aufzeichnung der Bewegungen von a und e dient der mit beiden verbundene Schreibapparat. a greift nämlich in das Zahnrad b von 10,3'' Durchmesser und 192 Zähnen, welches durch eine hohle Welle mit der gleich großen Scheibe c verbunden ist; an letzterer befinden sich, 60° von einander abstehend, sechs Hülsen d, d in Federn hängend am Umfange befestigt, die mit Schieferstiften versehen sind. Die hohle Welle zwischen den Rädern b und c ist über einen Zapfen an dem Stabe h geschoben und kann durch letzteren so verschoben werden, daß der Schreibapparat mit a im Eingriffe ist oder nicht.

VII.



Die Schieferstifte an d, d gehen über eine unter denselben hin bewegte Fläche i weg, welche durch den später zu beschreibenden Bewegungs-Mechanismus gleichförmig unter ihnen hin gezogen wird und ebenso breit ist, als der Abstand zweier Stifte d, d von einander. Da b sechsmal so viel Zähne hat als a, so wird bei einer vollen Umdrehung von a, d. h. wenn der Wind einen Kreislauf nach allen Himmelsgegenden vollendet hat, einer von den Stiften d sich über die ganze Breite der Fläche hin bewegt haben; indem derselbe dann bei fortgesetzter Drehung des Windes

die Zeichenfläche auf der einen Seite verläßt, tritt auf der entgegengesetzten Seite der darauf folgende Stift in die Fläche, und es wird sich daher stets ein Stift auf der Fläche befinden. Würde die Zeichenfläche nicht fortbewegt, so würde jeder Stift für eine volle Umsetzung des Windes einen Kreisbogen über dieselbe beschreiben, dessen Halbmesser dem Abstande des Stiftes von der Drehungsaxe gleich ist; würde dagegen der Stift ruhen und die Zeichenebene sich fortbewegen, so würde der Stift eine gerade Linie auf derselben beschreiben; da nun aber beide Bewegungen vereinigt stattfinden, so wird der Stift eine durch beide bestimmte krumme Transversallinie beschreiben, in welcher zu einem jeden Punkte leicht die Zeit, für welche er die Windrichtung angiebt, durch die Entfernung vom Anfangspunkte der Zeichenebene, und die zu dieser Zeit stattgehabte Windrichtung durch den Abstand von den beiden Seitenlinien der Zeichenebene aufgefunden werden kann. Wenn die Stifte d auf der einen Seite von der Zeichenebene weggehen, so gelangen sie auf die beiden, die Zeichenebene begrenzenden Leitbogen h und k, die etwas höher liegen, und theils deshalb, theils um immer den zum Schreiben nöthigen Druck auszuüben, sind die Zeichenstifte federnd an der unteren Scheibe c befestigt.

Zur Aufzeichnung der Windgeschwindigkeit ist an das Stirnrad e von 20 Zähnen das Zahnrad f von 200 Zähnen und 10,9 Zoll Durchmesser angeschoben, welches sich um die hohle Welle dreht, durch welche b und c mit einander verbunden sind, und welches, $5^1/_2$ Zoll von einander abstehend, sechs in Federn hängende Kapseln g, g für Schieferstifte führt. Die letzteren befinden sich in etwas größerer Entfernung von dem Mittelpunkte der Umdrehung, als die Stifte d, d und werden daher durch die von der ihrigen unabhängige Bewegung der ersteren nicht beeinträchtigt. Die Schieferstifte g, g beschreiben auf der Zeichenebene ebenfalls Bogen, wie die Stifte d, d, sie bewegen sich jedoch natürlich immer nur nach einer Richtung hin, während die Bewegungsrichtung der Stifte d, d von der Windrichtung abhängt. Hat sich ein Stift g von der einen Seite der Zeichenebene nach der entgegengesetzten bewegt oder das Rad f $^1/_6$ eine Umdrehung vollendet, so wird sich e $1^2/_3$ mal, folglich C $2036^2/_3$ mal herumgedreht haben. Wenn nun die Zeichenebene ruhte, so würde bei fortgesetzter Umdrehung von C der zunächst eintretende Stift einen Bogen auf ihr beschreiben, welcher mit dem des vorhergehenden zusammenfiele; rückt dagegen die Zeichenebene regelmäßig vorwärts, so tritt der nächste Stift auf der entgegengesetzten Seite in einem Abstande von der ersten Linie in dieselbe ein, welcher der Zeit entspricht, innerhalb welcher die Flügelwelle $2036^2/_3$ Umdrehungen machte. Soll daher für irgend einen bestimmten Zeitraum die Anzahl der stattgehabten Umdrehungen der Flügelwelle C aufgefunden werden, so wird in dem Stücke der Zeichenebene, welches während des Zeitraumes unter dem Schreibapparate war, die Anzahl der vollen Bogen gezählt, welche die Stifte g aufgezeichnet haben, und für jeden $2036^2/_3$ Umdrehungen gerechnet, und dann nach Verhältniß des etwa noch vorhandenen Bogenstückes zur Länge eines Bogens von 60 Grad die entsprechende Anzahl Umdrehungen hinzugefügt.

Die Zeichnung giebt noch eine Vorrichtung an, welche, wenn auch nicht zum Anemographen gehörig, doch hier zugleich mit erwähnt werden mag; es ist dies ein Thermograph, eine Vorrichtung zum Aufzeichnen der stattfindenden Temperatur. Auf der Spitze der Spindel, um welche sich das Schreibwerk dreht, steht drehbar der eiserne Stab l, der oben in dem Balken D_2 sein Zapfenlager hat; unterhalb ist er mit dem Doppelarme m versehen, an dessen Ende federnd die Roth-

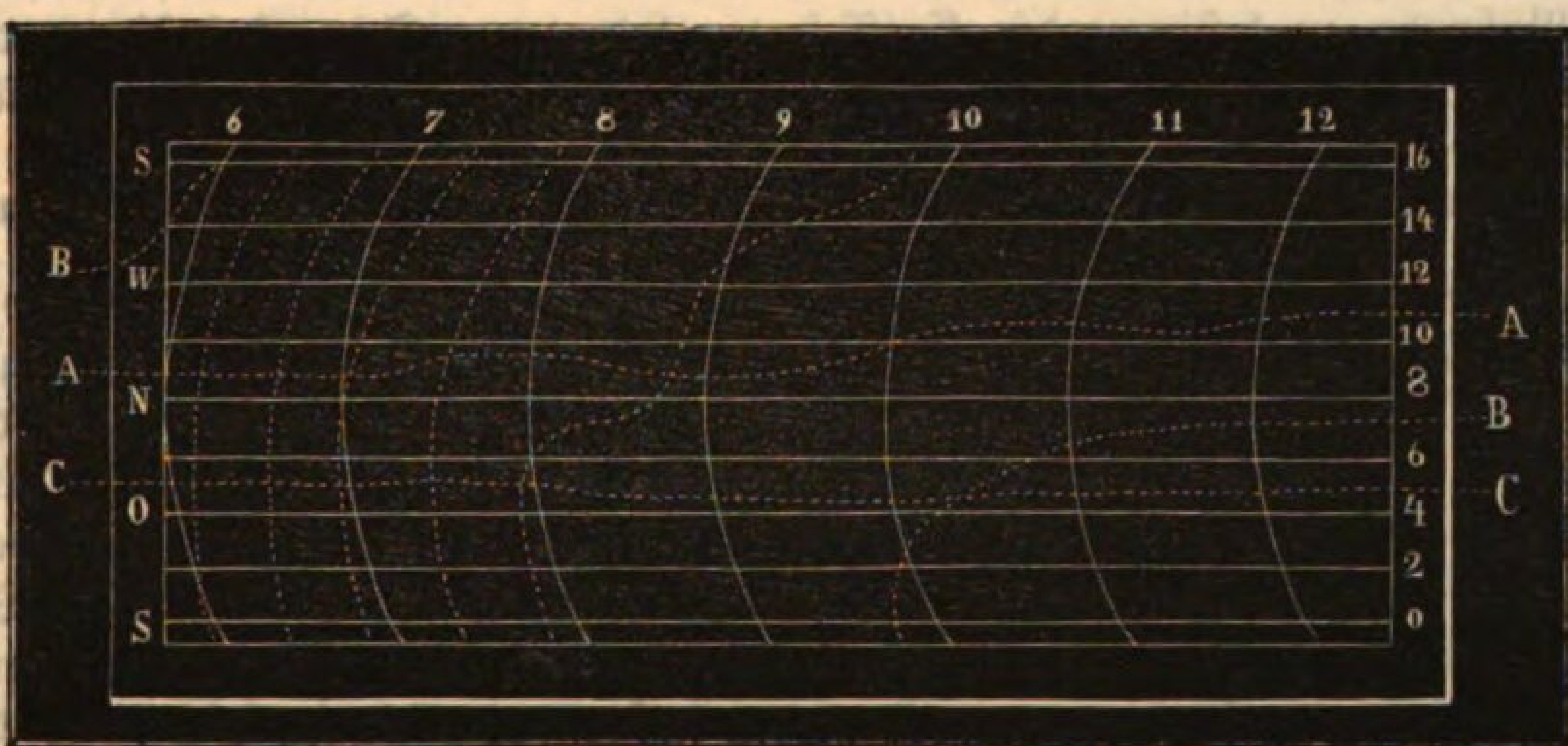
stifte n, n diametral gegenüberstehend angebracht sind; oberhalb ist an denselben die einzöllige Messingwalze o angeschoben, an welcher ein Messingdraht und ein Spannhebel q befestigt ist; der Messingdraht läuft von o aus über zwei über einander stehende Röllchen p und ist so an der äußern Wand des Thurmes herauf und herunter gezogen, daß er einen 25 Fuß langen Doppelzug bildet. Durch das Gegengewicht s, dessen Schnur über die Rolle r nach dem Spannhebel q geht, wird der ganze Drahtzug in der erforderlichen Spannung erhalten. Wenn man nun die Ausdehnung des Messingdrahtes zu 0,001885 annimmt, so wird sich der Draht für 64^0 R. Temperaturdifferenz um $^5/_{11}$ Zoll ausdehnen, und die Stifte n werden vermöge des Verhältnisses der Hebelarme von o und m einen Bogen von 5 Zoll beschreiben. Wird nun der Arm m an dem Stabe l so befestigt, daß sich n bei 0^0 Temperatur gerade in der Mitte der Schreibebene befindet, so wird durch eine Zu- oder Abnahme der Temperatur der Stift n nach der einen oder der andern Seite desto mehr getrieben, je größer die Temperaturdifferenz ist, und es wird daher durch die Linien für Windrichtung und Windkraft eine rothe Linie für die Temperatur hindurchgezeichnet werden.

Das Uhrwerk zum Treiben der Zeichenebene für den Schreibapparat ist in Fig. I. unter R abgebildet. Durch dasselbe wird die Zeichenebene über eines der Walzenwerke S hinweg bewegt; es liegt auf jeder Seite des Schreibapparates ein solches Walzenwerk, aus zwei in eisernen Rahmen laufenden Walzen bestehend, auf den Riegeln des Gestelles so, daß entweder das eine oder das andere unter den Schreibapparat geschoben werden kann. Ueber den Walzen S S liegt eine endlose Doppelschnur, welche auf der einen Seite senkrecht niedergeht und hier mit dem verstellbaren Ziehgewichte W versehen ist, auf der andern Seite über die Leitungswalzen T und U geht und unten um eine größere, hier nicht sichtbare Walze geschlungen ist. Mit der Walze U an gleicher Axe befinden sich die beiden in einander wirkenden Triebräder V V des Chronometers, von denen jedes 140 Zähne hat; eines von beiden greift in das siebenzähnige Getriebe X des Mittelrades Y von 120 Zähnen, und dieses in das siebenzähnige Getriebe Z des Steigrades A_1 von 40 Zähnen, welches durch den englischen Haken B_1 von dem Secundenpendel C_1 regulirt wird. Die Walzen des Walzenwerkes S bewegen sich daher in $\frac{42 . 120 . 140}{7 . 7}$ Secunden, d. h. in vier Stunden einmal um ihre Axe, und da ihr Umfang 7,2 Zoll beträgt, so senken sich die Ziehgewichte W in fünf Stunden um 9 Zoll oder in $2^1/_2$ Tagen um 9 Fuß; sind sie auf diese Art im tiefsten Punkte angekommen, so werden sie abgenommen und oben wieder angeschraubt, wodurch das Aufziehen der Uhr ersetzt wird.

Die Fläche, auf welche die Veränderungen des Windes aufgezeichnet werden sollen, ist ein $5^1/_2$ Zoll breiter, etwa 120 Zoll langer Streifen von Schieferpapier, d. h. Papier, das mit einem Gemisch von Bimstein, Eiweiß, Ruß 2c. angestrichen und glatt gewalzt ist, um die Linien vom Schiefer aufzunehmen und sie leicht vertilgbar zu machen. Wird ein solcher Streifen an die endlosen Schnuren gelegt und befestigt, so rückt jeder Punkt desselben in einer Stunde um 1,8 Zoll vorwärts und herab, und wenn das Walzenwerk S unter den Schreibapparat gerückt wird, so nimmt die unter dem letzteren befindliche Stelle desselben die drei Liniensysteme auf, nämlich bogenförmige Transversallinien vom Stifte d für die Windrichtung, bei denen Süd zu beiden Seiten, Nord in der Mitte der Scale liegt, ferner bogenför-

mige Transversalen, deren Tangenten mit den auf den ruhenden Streifen gezogenen Bogen desto spitzere Winkel machen, je geschwinder der Wind weht, für Registrirung der Umdrehungszahl der Flügelwelle, und eine gewöhnlich sanft gekrümmte Linie vom Stifte n zur Bestimmung der Temperatur. Während die Aufzeichnung auf den Streifen des einen Walzenwerkes erfolgt, kann der vollgeschriebene Streifen von dem andern weggenommen und durch einen neuen ersetzt werden, wobei jedesmal die Zeit des Einrückens des neuen und des Ausrückens des alten aufzumerken ist. — Wird der ganze Schreibapparat an den Rädern a und e abgerückt, so ist beim Einrücken Sorge zu tragen, daß die Verbindung von a und b gerade an einer solchen Stelle geschieht, daß einer von den Stiften d, d bei Südwind an der Seite des Streifens und bei jedem andern Winde an der entsprechenden Stelle sich befindet.

Das Ablesen der absoluten Elemente für die Veränderung des Windes und der Temperatur erfolgt nach des Verfertigers Angabe durch ein auf den durchgegangenen Papierstreifen aufgelegtes Netz, welches beistehender Holzschnitt ungefähr



in halber natürlicher Größe verdeutlicht, wobei jedoch noch zu erwähnen ist, daß das wirkliche Netz eine größere Länge hat, als hier gezeichnet werden konnte. Das Netz besteht aus einem Rahmen, in welchem parallel mit der Länge 16 Fäden (doppelt so dicht als die Abbildung zeigt) eingezogen und in Abständen von 1,8 Zoll durch Bogen von Draht mit 5 Zoll Halbmesser durchkreuzt werden. Die parallelen Längenfäden entsprechen den Windrichtungen, welche durch die links angeschriebenen Buchstaben bezeichnet werden. Das Netz ist auf den Streifen so zu legen, daß die Endpunkte der aufgezeichneten Transversallinien durch die beiden äußersten Parallelen gedeckt werden, und daß der erste Draht über einen Punkt fällt, an welchem sich gerade zu einer vollendeten Stunde der Zeichenstift befand. Entspreche z. B. der erste Drahtbogen links dem mit Beginn der sechsten Stunde aufgetragenen Curvenanfange, so werden die rechts folgenden dann für die Stunden gelten, welche oberhalb angeschrieben sind, nämlich für die siebente bis zwölfte, und es kann nun in der vorliegenden Figur keine Undeutlichkeit darüber herrschen, daß in Folge des Verlaufes der Linie AA, welche die Windrichtung angiebt, um 6 Uhr der Wind aus NNW, um 12 Uhr dagegen aus WNW und zu allen zwischenliegenden Zeiten nach der Lage der Punkte in AA wehte.

Was ferner die Bestimmung der Temperatur betrifft, so ist die Berechnung der Drahtlänge so geführt worden, daß der Stift n bei einer Temperaturveränderung von 8° R. um ein Bogenstück vorrückt, welches zwischen den Abstand zweier Parallelen N und NO oder N und NW ꝛc. eingeschoben werden kann. Ist daher n bei einer Temperatur von 0° auf die Linie N eingestellt worden, so entsprechen die Linien NW — S — SW — S den Wärmegraden 8 — 16 — 24 — 32, und die Linien NO — 0 — SO — S den Kältegraden 8 — 16 — 24 — 32; der Verlauf der Temperaturlinie C C und namentlich ihre Entfernung von der Linie N wird daher ebenso erlauben, für die einzelnen Zeitmomente die stattgehabte Temperatur anzugeben, als es durch die Linie A A möglich wird, die Windrichtung abzunehmen.

Der Ablesung der Windgeschwindigkeit durch das angeführte Netz liegt nach des Verfertigers Angabe die Voraussetzung zu Grunde, daß die Lufttheilchen stets einen gleich großen Weg in der Richtung der Windfahne zurücklegen, wenn sich die Flügelwelle einmal um ihre Axe dreht, oder daß für die Windgeschwindigkeit v und die Umdrehungszahl n der Flügelwelle $v = bn$ sei, wo b einen durch Versuche oder Rechnung zu bestimmenden Coefficienten bedeutet. Frank bestimmt den Stoßpunkt der Flügel für eine Flügellänge (= q) und für die Entfernung des Flügels von der Axe (= p) durch die Formel: $\frac{p^2 + pq + \frac{1}{3} q^2}{p + \frac{1}{2} q}$ zu 18 Zoll und erhält daher den Weg des Flügels bei einer Umdrehung = 113,13 Zoll, welchen er gleich dem Wege des Windes setzt, und daher folgert, daß eine Umdrehung von e oder 1222 Umdrehungen der Flügelwelle C einem Gesammtwege des Windes von 960 Ruthen, und der sechste Theil einer Umdrehung von f oder $2036\frac{2}{3}$ Umdrehungen von C einen Gesammtweg des Windes von 1600 Ruthen entsprechen. Hiernach drückte Ein Ueberstreichen der Zeichenebene durch den Stift g einen Weg des Windes von 1600 Ruthen aus und Theile einer durch g gezogenen Transversale würden dadurch abgenommen werden, daß, wenn sich ein solcher von der untern Linie S bis zur Linie S O — 0 — N O — N — NW — W — SW — S erstreckt, dafür als zurückgelegter Weg des Windes 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 Ruthen, anzusehen, eine Abnahme, welche durch die rechts angeschriebenen Zahlen erleichtert wird. Hiernach würde in der Abbildung durch die Geschwindigkeitscurve B B in der siebenten Stunde als Weg des Windes gefunden werden

von 100 — 1600:	1500 Ruthen
eine volle Transversale:	1600 „
von 0 — 800:	800 „
Gesammtweg:	3900 „

Für die achte Stunde dagegen:

von 800 — 1600:	800 Ruthen
eine volle Transversale:	1600 „
von 0 — 600:	600 „
Gesammtweg:	3000 „

Bei dieser Methode des Ablesens ist zuerst zu bemerken, daß sie nicht in vollem Einklange mit der Einrichtung des Schreibwerkes selbst steht. Beschreiben die

Stifte d einen Bogen mit einem Halbmesser von 5 Zoll, so wird das angegebene Netz allerdings zu genauer Abnahme der Windrichtung, aber auch nur zu dieser benutzt werden können, denn die Stifte g beschreiben Bogen mit mehr als 5 Zoll, etwa $5^1/_2$ Zoll Halbmesser, setzen also ein Netz voraus, dessen Bogen ebenfalls mit $5^1/_2$ Zoll Halbmesser construirt sind, und da, nach der Richtung der Bewegung der Zeichenebene i betrachtet, die Stifte g den Stiften d immer um einen halben Zoll vorausgeeilt erscheinen, so sind für ein vollständiges Netz zum Abnehmen der absoluten Werthe der aufgetragenen Linien von den Mittelpunkten, aus welchen die Bogen in der oben stehenden Figur beschrieben wurden, noch Bogen von $5^1/_2$ Zoll Halbmesser zur Abnahme der Windgeschwindigkeit zu beschreiben. Werden nun nach Franks Angabe die Bogen von 5 Zoll Halbmesser an dem einfachen Netze auch zur Abnahme der Windgeschwindigkeit benutzt, so wird (ohne den Fehler zu erwähnen, welcher durch die Abweichung mit größerem und kleinerem Halbmesser hervorgebracht wird) die ganze Reihe der Windgeschwindigkeitsveränderungen um $16^2/_3$ Minuten gegen die Zeit, in welcher sie wirklich stattfanden, vorgerückt, sobald das Netz nach der Zeit aufgelegt wird, welche zu der aufgezeichneten Windrichtung gehört, und Windgeschwindigkeit und Windrichtung sind dann nicht mehr als zusammengehörig zu betrachten. — Etwas Aehnliches läßt sich in Bezug auf die Abnahme der aufgezeichneten Temperatur anführen, erscheint aber wegen der weniger starken Variationen bei derselben von minderer Wichtigkeit. Offenbar würde übrigens das Netz zum Abnehmen der Linien, wenn es mit den angeführten Bogen versehen werden soll, besser durch aufgerissene oder aufgezeichnete Linien auf einer durchsichtigen oder durchscheinenden Platte von Glas oder Copirpapier hergestellt werden können.

Da ferner die Flügelwelle in fester Verbindung mit der Windfahne sich befindet, so wird auch die von der ersteren bewegte Spindel J außer der Bewegung, durch welche die Windgeschwindigkeit gemessen werden soll, auch noch eine drehende Bewegung gleichzeitig mit der Windfahne erhalten, welche ebenso durch e auf f wirkt, wie die von der Windgeschwindigkeit hervorgerufene Drehung der Flügelwelle. Die Linie B B kann daher nur dann als Repräsentant der Bewegung der Flügelwelle betrachtet werden, wenn die Windfahne immer gleiche Richtung hält, also A A eine gerade, mit den Kanten des Streifens i parallel gerichtete Linie ist; in jedem andern Falle ist die Linie BB erst nach den Formen von A A zu corrigiren. Die Art dieser Correction läßt sich leicht durch die Betrachtung finden, daß sich J in derselben Richtung und mit derselben Winkelgeschwindigkeit dreht, als K, und daß durch eine Umdrehung von a das Rad b um den sechsten Theil, durch eine Umdrehung von e dagegen f um den zehnten Theil seines Umfanges gedreht wird. Macht nun a in einer bestimmten Zeit eine ganze Umdrehung von S über O, N und W nach S, so macht e ebenfalls eine ganze Umdrehung, f rückt daher um $^1/_{10}$ einer ganzen Umdrehung in Folge der Veränderung der Windrichtung vorwärts, und g beschreibt daher einen Bogen zu viel, welcher nach der oben angegebenen Art der Abnahme einem Wege des Windes von 960 Ruthen entspricht; es ist daher auch unter der angegebenen Voraussetzung von dem für die bestimmte Zeit gefundenen Wege des Windes 960 abzuziehen, um die Angabe von dem Einflusse der Windrichtung frei zu machen. Hätte dagegen die Umdrehung des Windes in dieser Zeit von S über W, N und O nach S stattgefunden, so hätte f $^1/_{10}$ Umdrehung wieder zurückgemacht, und die 960 Ruthen würden dann zu dem mit dem

Netze abgenommenen Resultate hinzugerechnet werden müssen. Es läßt sich diese Correction, bloß auf die Gestaltung der aufgezeichneten Linien A und B bezogen, auch so aussprechen, daß, wenn sich in einer bestimmten Zeit die Linie A um den Abstand zweier hier aufgezeichneten Parallelen nach oben oder nach unten wendet (z. B. von N nach NW oder von N nach NO), dann von der für dieselbe Zeit geltenden Angabe der Linie B entweder 120 abgezogen oder zu derselben 120 hinzugerechnet werden müssen.

Endlich ist zu bemerken, daß die Abnahme der Windgeschwindigkeit nach der Frank'schen Methode auf einer offenbar irrigen Voraussetzung beruht; denn wäre mit Beibehaltung der obigen Bezeichnung $v = bn$, so würde auch $n = \frac{v}{b}$ sein und für einen noch so kleinen Werth von v einen Werth erlangen, der größer als Null ist, d. h. eine noch so geringe Geschwindigkeit des Windes würde schon im Stande sein, der Flügelwelle eine, wenn auch kleine, doch merkbare Bewegung mitzutheilen, was der Erfahrung widerspricht, indem der Wind jedenfalls schon eine ziemlich merkbare Geschwindigkeit erlangen muß, bevor er die Bewegungshindernisse der Flügelwelle überwinden kann. Dies ist schon bei dem S. 199 ff. beschriebenen Woltmann'schen Flügel der Fall, um so mehr daher hier, wo die Flügelwelle einen ganzen Mechanismus in Bewegung zu setzen hat. Der Zusammenhang von v und n ist daher (wenigstens in den Fällen, wo man höhere Potenzen von n vernachlässigen kann) durch die Formel

$$v = a + bn$$

auszudrücken, wo a ein vorzüglich von den Bewegungshindernissen in der Vorrichtung selbst abhängiger Coefficient ist und zugleich die Geschwindigkeit ausdrückt, welche der Wind jedenfalls erreichen muß, bevor der Apparat in Bewegung kommt. Die beiden Coefficienten a und b sind für jeden Anemographen durch Versuche besonders zu bestimmen; sie sind von Zeit zu Zeit zu prüfen, da in dem Anemographen selbst durch Einwirkung von Feuchtigkeit, Staub rc. Veränderungen vorgehen, welche auf die Größe von a und b Einfluß üben, ja für genaue Abnahme würde sogar der Einfluß veränderter Temperatur und veränderten Luftdruckes auf die Größe von a und b bestimmt werden müssen, was durch Rechnung geschehen kann. Die Bestimmung von a und b unter gegebenen Umständen würde aber am besten so erfolgen können, daß man die gleichzeitige Einwirkung mehrerer stetig vorhandenen Luftströmungen von verschiedener Geschwindigkeit auf den Anemographen und auf ein Anemometer beobachtet, welches zur Bestimmung der Windgeschwindigkeit eingerichtet ist, und den Zusammenhang zwischen dem von dem ersten Instrumente gegebenen n und dem von dem zweiten gegebenen v auf dieselbe Art ableitet, wie die Formel für den Woltmann'schen Flügel berechnet wird.

Die richtige Bestimmung der Windgeschwindigkeit bei verändertem Werthe von a und b macht es nun wünschenswerth, daß durch das aufgelegte Netz die Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle und nicht, wie nach Frank's Methode, der Weg des Windes in Ruthen bestimmt werde. Zu diesem Ende ist die Eintheilung des Räderwerkes so zu treffen, daß g ein Sechstel des Kreisumfanges überstreicht, wenn die Flügelwelle etwa 1600 Umdrehungen gemacht hat. Die Anzahl der Umdrehungen der Flügelwelle in einer bestimmten Zeit läßt sich durch den Verlauf der Linie B zwischen den Parallelen ebenso bestimmen, wie nach der Frank'schen Methode

der Gesammtweg, und es ist mit einem Netze von mehreren zwischen die Stundenbogen eingetragenen Bogen auch möglich, die Zeit zu bestimmen, in welcher die Flügelwelle gar keine Bewegung empfing, indem während dieser Zeit die Linie BB parallel mit den Linien NN, SS ꝛc. gerichtet ist. Giebt nun z. B. während einer Stunde der Anemograph N Umdrehungen der Flügelwelle an und hat in dieser Stunde während t Minuten Windstille geherrscht, so wird, wenn a, b und v für Fuße und Secunden bestimmt sind, V dagegen den Gesammtweg des Windes in einer Stunde in Ruthen (à 12 Fuß) ausdrückt, erhalten werden:

$$V = 5\,a\,(60 - t) + \frac{b\,N}{12},$$

wobei jedoch eine Windgeschwindigkeit, die kleiner als a ist, für das Instrument einer Windstille gleich wirkt und in V daher nicht mit enthalten ist. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit v_1 für diese Stunde ist daher in Fußen:

$$v_1 = \frac{a\,(60 - t)}{60} + \frac{b\,N}{3600}$$
$$= 0{,}01667\,a\,(60 - t) + 0{,}0002778\,b\,N.$$

Diese Durchschnittsgeschwindigkeit wird auch dann die wahre Geschwindigkeit des Windes für einen Zeitraum sein, wenn während desselben der Wind stetig und ohne Geschwindigkeitsveränderung wehte. Daß dies aber der Fall war, giebt die Linie BB dadurch zu erkennen, daß die Tangente, welche man an irgend einen Punkt der Linie B ziehen kann, mit der Tangente an dem entsprechenden Punkte in dem die Zeit bestimmenden Bogen des Netzes einen Winkel bildet, welcher ebenso groß ist, als der Winkel der Tangenten für irgend zwei andere entsprechende Punkte in beiden Bogen, oder daß die Größe des Abstandes der einzelnen Punkte in dem Bogen BB von dem die Zeit bestimmenden Bogen, in der Richtung der Parallelen NN, SS ꝛc. gemessen, in demselben Verhältnisse steht, als die zwischen den untersuchten Punkten liegenden Bogenlängen.

Eine neuere Erfindung ist das selbstregistrirende Anemometer von Whewell *), welches 1836 zuerst in Ausführung und Anwendung kam. Eine Windfahne stellt dem Winde eine kleine Windmühle entgegen nach Art der Ventilatoren, die man in Fenstern anzubringen pflegt. Die Axe der Mühle steht mit Rädern und Getrieben in Verbindung, welche ihre Bewegung so verlangsamen, daß durch 1000 Umdrehungen der Flügel ein unten angebrachter Pinsel oder Zeichenstift um $^1/_{20}$ Zoll abwärts bewegt wird. Der horizontal stehende Pinsel steht einem vertical aufgerichteten Cylinder gegenüber und macht auf demselben bei der Bewegung einen Strich. Der ganze Apparat dreht sich unter dem richtenden Einflusse des Windes durch die Fahne um den Cylinder, welcher den Weltgegenden gemäß eingetheilt ist, und der Pinsel sinkt desto tiefer, je schneller der Flügelapparat sich dreht, je heftiger also der Wind ist. Demgemäß giebt der Strich auf dem Cylinder durch sein Fortschreiten in horizontaler Richtung die Geschwindigkeit, durch sein Fortschreiten in verticaler Richtung die Stärke des Windes charakteristisch an, wenn man noch die Zeit notirt, zu welcher sich der Pinsel auf dem einen und dem anderen Punkte befindet. Man könnte auch diese Notirung noch durch ein leicht anzubringendes Uhrwerk bewerkstelligen.

---

*) Transact of the Cambridge philos. soc. Vol. VI. part. 2. Vergl. London and Edinb. philos. mag. N. XL. p. 315. N. LXIX. p. 474.

Der zuerst 1834 ausgeführte Anemograph von Osler *) besteht aus einer Windfahne, welche an einer Röhre als Stange festsitzt, so daß diese mit der Fahne zugleich sich umdreht. Unten an der Stange ist ein Getriebe, das in ein gezahntes Rad eingreift und dasselbe der eben herrschenden Windrichtung gemäß einstellt, während ein an demselben befestigter Pinsel auf einem Papierstreifen, auf welchem die Windrichtungen bezeichnet sind, eine Linie zieht. Der Streifen wickelt sich auf und wird durch ein Uhrwerk jede Stunde um 1 Zoll fortgezogen. Zum Messen der Stärke des Windes dient eine Tafel von 1 Quadratfuß Flächeninhalt, welche mit der Windfahne so verbunden ist, daß sie von derselben senkrecht gegen den Wind gestellt wird. Als Träger derselben dienen zwei zwischen Frictionsrollen verschiebbare Arme, die gegen eine Spiralfeder drücken, sobald der Wind gegen die Tafel stößt und diese zurücktreibt. Vermittelst eines Drahtes, welcher durch die Röhre, die als Träger dieses Apparates und der Windfahne dient, herabgeht, wird unten ein zweiter Pinsel nach Verhältniß der Stärke des Winddruckes in Bewegung gesetzt und zeichnet auf den nämlichen Papierstreifen Linien, deren Länge der Stärke und damit zugleich der Geschwindigkeit des Windes entspricht.

Anhängung, s. Adhäsion.

Anione, s. Elektrode.

Anker des Magnets, s. Magnet.

Anlassen ist eine Operation, durch welche man dem Stahle einen Theil seiner Härte und Sprödigkeit nimmt, um denselben zur Bearbeitung für gewisse Instrumente vorzubereiten; es geschieht einfach auf die Weise, daß man den Stahl bis zu einer gewissen Temperatur erhitzt, und zwar um so höher, je mehr man ihn seiner Härte berauben will, und ihn darauf langsam wieder erkalten läßt. So darf man Stahl, aus welchem chirurgische Instrumente verfertigt werden sollen, nicht so stark erhitzen, als solchen, der als Material etwa für Sägeblätter verwendet werden soll. Die Höhe der Temperatur wird gewöhnlich nach der Anlauffarbe des Stahls bestimmt (s. d. Art. Anlaufen). E. W.

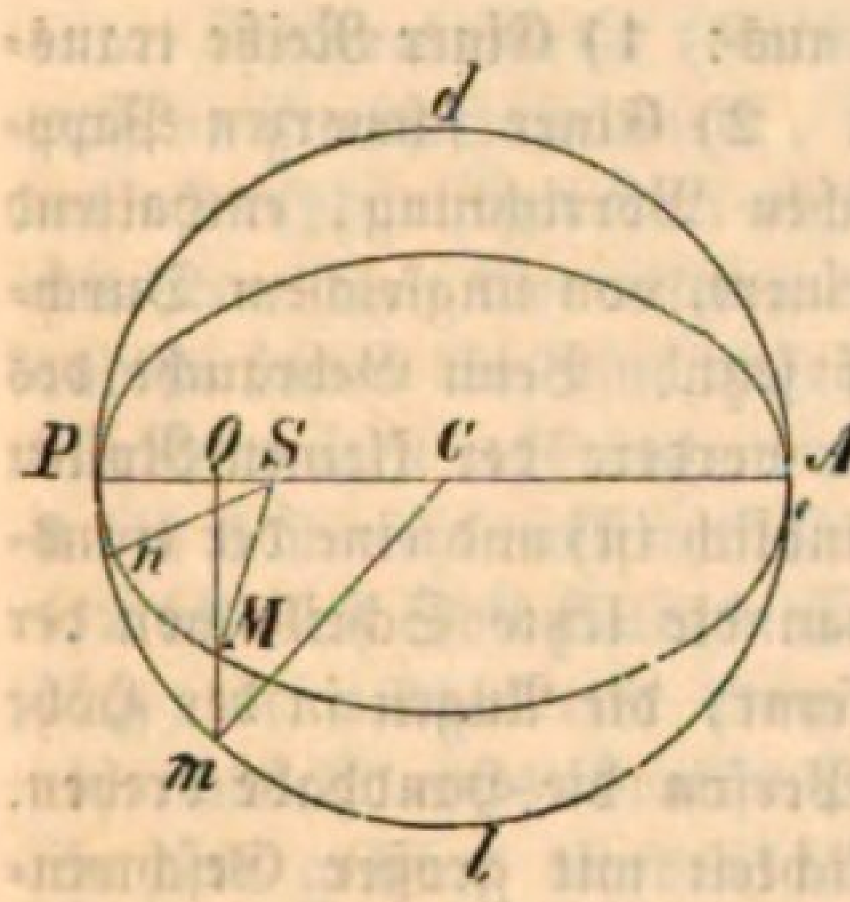
Anlaufen sagt man von unedlen Metallen, wenn diese durch Aufnahme von Sauerstoff an der Oberfläche sich oxydiren, dadurch ihren Metallglanz verlieren und dabei oft ein mannigfaltiges Farbenspiel zeigen. Das Anlaufen des Silbers ist nicht die Folge einer Oxydation desselben, sondern einer Aufnahme von Schwefel, welcher als Schwefelwasserstoff oft in der Luft verbreitet ist und eine Schwärzung des Silbers, wie auch anderer Metalle erzeugt. Man gebraucht die obige Benennung ganz besonders bei dem Stahle, welcher die Eigenschaft hat, je nach der Höhe der Temperatur verschiedene Farben anzunehmen, welche folgendermaßen bestimmt worden sind: bei etwa 204° C. wird der Stahl zuerst blaßgelb, bei 215° strohfarben, bei etwas höherer Temperatur dunkelgelb und dann purpurfarben; ferner bei 282° violett, dann dunkelblau und endlich hellblau. E. W.

Anode, s. Elektrode.

Anomalie, (v. d. griech. ἀνομαλία, Ungleichförmigkeit). Wenn man an den wahren Ort M eines Planeten (der sich in einer Ellipse PMAP um die

---

*) Lond. and Edinb. phil. Journ. 1837. Nov. p. 474. British Assoc. 7. Rapp. Description of a self-registering anemometer and Rain-gauge. Birm. 1839. Gehler N. A. Bd. X. S. 2211.



Sonne herumbewegt) von dem Mittelpunkte der Sonne S eine gerade Linie SM zieht, so heißt diese der **Radius Vector** des Planeten, und der Winkel MSP, welchen der Radius Vector mit der **Axe (Apsidenlinie)** AP, vom **Perihelium** P an gerechnet, macht, heißt die **wahre Anomalie** (lat. anomalia vera) des Planeten. Es heißt dieser Winkel aber eine **Anomalie** (d. i. Ungleichförmigkeit), weil von demselben die Ungleichförmigkeit der Bewegung des Planeten abhängt d. h. in gleichen Zeiten dieser Winkel größer oder kleiner ausfällt, je nachdem sich der Planet schneller oder langsamer in seiner Bahn bewegt. — Der Winkel PSn, welchen der Planet von seinem Durchgange durch das Perihelium an beschrieben haben würde, wenn er sich so um die Sonne bewegte, daß der Winkel, den eine Linie von ihm nach dem Mittelpunkte der Sonne gezogen mit der Apsidenlinie macht, **gleichförmig** wüchse, heißt die **mittlere Anomalie** (lat. anomalia media) und der Unterschied der wahren und mittleren Anomalie nSM heißt die **Gleichung des Mittelpunktes** (lat. aequatio centri, prostaphaeresis). — Durch die wahre Anomalie wird der **wahre Ort** eines Planeten bestimmt, dessen Bahn bekannt ist, während die mittlere den **mittleren Ort** desselben bezeichnet, d. h. denjenigen, in welchem er sich zu einer bestimmten Zeit befinden würde, wenn er sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf seiner Bahn bewegte. Der um die große Axe der Ellipse als Durchmesser gezogene Kreis PmlAd heißt der **excentrische Kreis**. Fällt man nun von dem wahren Orte des Sternes, von M, eine Senkrechte MQ auf die Axe PA und verlängert dieselbe, bis sie den excentrischen Kreis schneidet, in m, so heißt der Winkel mCP, welchen der Radius Cm mit der Axe PA vom Perihelium an gerechnet macht, die **excentrische Anomalie** (lat. anomalia excentrica). Ehemals rechnete man die Anomalien vom **Aphelium** A an, jetzt zählt man dieselben vom **Perihelium** P an in einem fort bis zu 360 Gr.

Jeder Planet bewegt sich auf seiner Bahn so, daß sein Radius Vector fortwährend in gleichen Zeiten gleiche Flächen (Sectoren oder Ausschnitte der von der Planetenbahn eingeschlossenen Ebene) zurücklegt, und eben deshalb und weil die Sonne nicht im Mittelpunkte, sondern im Brennpunkte der elliptischen Bahn steht, müssen die Winkel, um welche in gleichen Zeiten der Radius Vector gegen die Apsidenlinie sich fortbewegt, desto größer ausfallen, je näher der Planet bei der Sonne sich befindet, und desto kleiner, je weiter er von derselben entfernt ist. Es ist nun eine der wichtigsten Aufgaben der Astronomie, den Winkel der wahren Anomalie aus der Größe des zu derselben gehörigen elliptischen Sectors abzuleiten. Diese Aufgabe wurde zuerst von **Kepler** aufgestellt und gelöst und wird deswegen das **Kepler'sche Problem** genannt.

Anorthoskop (v. d. griech. *ἀνορθοῦν*, welches Schiefes gerade machen, wiederherstellen bedeutet, und *σκοπεῖν* sehen) nennt **Plateau** *) ein von ihm erfun-

*) L'Institut, N. 148. p. 79. Pogg. Ann. Bd. XXXVII. S. 464.

benes Instrument. Dasselbe besteht im Wesentlichen aus: 1) Einer Reihe transparenter Scheiben, mit unförmlichen Figuren darauf. 2) Einer schwarzen Pappscheibe mit mehreren Spalten. 3) Einer mechanischen Vorrichtung, enthaltend eine große Rolle mit doppelter Hohlkehle, die zwei kleinere, von ungleichem Durchmesser auf einer gemeinschaftlichen Axe, in Umlauf setzt. Beim Gebrauche des Instruments steckt man die schwarze Scheibe auf die vordere der kleinen Rollen (welche auf der Seite der Handhabe an der großen befindlich ist) und eine der transparenten Scheiben auf die hintere; dann beleuchtet man die letzte Scheibe von der Rückseite, stellt sich einige Fuß vom Instrument entfernt, die Augen in der Höhe der kleinen Rollen haltend, und läßt eine zweite Person die Handhabe drehen. Obwohl sich dann die transparente Scheibe in Wirklichkeit mit großer Geschwindigkeit dreht, scheint sie doch still zu stehen, und die mißgestalteten Figuren sind in vollkommen regelmäßige umgewandelt. Diese Art von Illusionen beruht auf der Dauer der Eindrücke auf die Netzhaut. Gesetzt nämlich, es sei nur eine Spalte in der schwarzen Scheibe; während sie und die transparente Figur hinter ihr sich drehn, kommen alle Theile dieser Figur successiv der Spalte gegenüber, und es erfolgt daraus offenbar für das Auge eine Reihe continuirlicher, neben einander liegender Eindrücke, die durch ihre Dauer auf der Netzhaut unter sich verknüpft werden. So erzeugt sich nach jedem Umlauf der Spalte eine continuirliche Figur, die mit der transparenten in gewisser Beziehung steht. Wenn nun die Spalte nach jedem ganzen Umlauf in dieselbe Lage gegen die transparente Figur gelangt, so erzeugen alle Umläufe durchaus einerlei Resultate, die sich auf der Netzhaut überdecken und folglich die Empfindung einer beständigen und unbeweglichen Figur hervorbringen. Drehte sich die transparente Scheibe nicht, sondern bloß die Spalte, so würde man offenbar bloß die auf die Scheibe gezeichnete Figur erblicken, nur ein wenig an Helligkeit vermindert; allein sowie die transparente Scheibe sich dreht, kann das Resultat begreiflicherweise nicht mehr dasselbe sein, und wenn man regelmäßige Figuren erblicken soll, müssen die Figuren auf der transparenten Scheibe mißgestaltet gezeichnet werden, nach einem Gesetze, welches abhängt von dem Geschwindigkeitsverhältniß beider Scheiben und von der relativen Richtung ihrer Bewegungen. Eine Vervielfältigung der Spalten in der schwarzen Scheibe hat keine andere Wirkung, als daß sie die Helligkeit des resultirenden Bildes erhöht. Die Anzahl und die Lage dieser Spalten sind so zu bestimmen, daß die von ihnen erzeugten Figuren einander genau überdecken. Sind endlich die Bewegungen der Scheiben entgegengesetzt, so wird sich die Figur, indem sie regelmäßig wird, zugleich vervielfältigen. Durch ein wenig Nachdenken ist nämlich einzusehen, daß dann alle Punkte der transparenten Scheibe hinter der Spalte hinweggegangen sein werden, ehe diese einen Theil, z. B. ein Fünftel ihres Umlaufs vollendet hat, so daß schon bei diesem Fünftel eine Wirkung entsteht, wie zuvor bei einem ganzen Umlaufe. Daraus entsteht dann eine Reihe regelmäßiger Figuren, die symmetrisch um den Mittelpunkt liegen.

Anthotypie (v. d. griech. *ἄνθος* Blume und *τύπος* Form, Bild) ist eine von John Herschel in neuerer Zeit angegebene Kunst, mittelst einer guten Camera obscura sogenannte Lichtbilder auf solchem Papier hervorzubringen, welches kurz vorher mit dem geistigen Extracte eines beliebigen Pflanzen-Farbestoffes imprägnirt ist, übrigens aber von dem Verfahren, Lichtbilder auf photogenischem Papier zu erzeugen, in nichts abweicht. J.

Anthrakometer (Kohlensäuremesser, v. d. griech. ἄνθραξ Kohle und μετρεῖν messen) ist ein Instrument, welches angewendet wird, um den Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft oder in einem Gasgemenge zu bestimmen; besonders wird mit der obigen Benennung der Apparat bezeichnet, den Humboldt*) beschrieben und in seinen Untersuchungen angewendet hat, der aber später durch zweckmäßigere Vorrichtungen verdrängt worden ist. Derselbe bestand in einer gekrümmten, etwa 3 bis 5 Linien weiten Röhre, welche sich an dem einen Ende in eine Kugel von 1,2 bis 1,3 Zoll Durchmesser endigte, an dem andern Ende eine messingene Hülse trug, in welcher eine etwa 7 Zoll lange graduirte Glasröhre befestigt war, die aber mittelst eines Ventils und eines metallenen Aufsatzes nach Belieben verschlossen und geöffnet werden konnte. Bei dem Versuche goß man in die Glaskugel und die gekrümmte Röhre kaustische Ammoniakflüssigkeit oder Kalkwasser; nachdem man die Höhe der Luftsäule nach dem Schließen des Ventils in der graduirten Röhre gemessen hatte, ließ man durch Umkehren des Apparates die Luft in die Glaskugel hineingehen, wobei die in derselben enthaltene Kohlensäure vollständig absorbirt wurde; die in die graduirte Röhre getretene Flüssigkeit sank etwas in Folge dieser Absorption; öffnete man nun das Ventil, füllte die Röhre vollständig mit Flüssigkeit, schloß darauf das Ventil und ließ nun die Luft wiederum aus der Kugel in die graduirte Röhre treten, so bemerkte man, wie viel von der Luft verschwunden war. Da jedoch die Luft comprimirt war, so nahm man die graduirte Röhre von der gekrümmten Röhre ab und senkte sie soweit in Wasser ein, bis dieses außerhalb und innerhalb der Röhre gleich hoch stand. Gleichzeitig war der Stand des Barometers und Thermometers vor und nach dem Versuche zu beobachten.

E. W.

Antimon (Spießglanz, Spießglas, Spießglanzkönig, Stibium), ein Metall, welches auf künstlichem Wege zuerst gegen das Ende des 15. Jahrhunderts von Basilius Valentinus dargestellt wurde, der auch schon damals die Darstellung vieler Verbindungen dieses Metalles beschrieb, von denen einige schon den Alten bekannt gewesen zu sein scheinen. Es kommt in der Natur zuweilen im gediegenen Zustande vor, gewöhnlich jedoch etwas Nickel, Silber, Eisen oder Arsenik enthaltend; am häufigsten findet es sich in Verbindung mit Schwefel, entweder für sich allein als Grauspießglanzerz (Antimonglanz) oder chemisch mit anderen Schwefelmetallen verbunden, als Berthierit, Federerz, Jamesonit, Plagionit, Zinkenit, Bournonit, Fahlerz, Antimonnickelglanz, Kupferantimonglanz, Miargyrit, Polybasit ꝛc., auch verbunden mit Antimonoxyd (Rothspießglanzerz); ferner als reines Antimonoxyd (Antimonblüthe) und als antimonige Säure (Antimonocker). Die Darstellung des Antimons aus seinen Verbindungen, namentlich aus dem am häufigsten in der Natur vorkommenden Schwefelantimon kann auf mehrfache Weise geschehen; am leichtesten durch Reduction des Schwefelantimons mittelst Eisen, indem das letztere schon bei schwacher Glühhitze dem Antimon allen Schwefel entzieht; man wendet jedoch eine starke Glühhitze an, um das gebildete Schwefeleisen zum Schmelzen zu bringen, welches im geschmolzenen Zustande über dem Antimon sich ansammelt und leicht von demselben getrennt werden kann. Die Schmelzung des Schwefeleisens wird erleichtert,

*) Pogg. Ann. Bd. III. S. 77.

wenn man zu der Masse eine gewisse Menge kohlensaures Kali oder Natron oder Salpeter hinzufügt, indem dadurch Schwefeleisenkalium oder Schwefeleisennatrium sich bildet. Berthier hält das folgende Mischungsverhältniß für das vortheilhafteste: 100 Th. Schwefelantimon, 55 bis 60 Th. Hammerschlag, 45 Th. kohlensaures Kali und 10 Th. Kohle, wobei er 69 Antimon erhielt; Liebig*) dagegen schlägt das folgende vor: 100 Th. Schwefelantimon, 42 Th. Eisen, 10 Th. trocknes schwefelsaures Natron und $2^1/_2$ Th. Kohle, welche Mischung 60 bis 64 Th. Antimon liefert. Auch erhält man reines Antimon, wenn man das geröstete und dadurch in eine Mischung von antimoniger Säure und Antimonoxyd verwandelte Schwefelantimon (Antimonasche) mit 1 Th. Kohle und $^1/_2$ Th. Pottasche bei schwacher Glühhitze in einem bedeckten Tiegel schmilzt; oder wenn man 8 Th. des gerösteten Schwefelantimons mit 6 Th. Weinstein und 2 bis 3 Th. Salpeter erhitzt. Das im Handel vorkommende Antimon ist meist durch Eisen, Schwefel, Blei, Kupfer und oft durch Arsenik verunreinigt; man sondert diese Beimengungen ab durch mehrmaliges Umschmelzen nach Zusatz von etwas Schwefelantimon und kohlensaurem Natron; es bildet sich dadurch eine Schlacke von Schwefelmetallen, die von dem Regulus abgeschlagen werden kann. — Das reine Antimon ist zinnweiß und lebhaft glänzend, nicht besonders hart, aber spröde und leicht zu pulverisiren; krystallisirt meist in würfelähnlichen Rhomboedern, deren Endkantenwinkel 87° 39′ beträgt, der Hauptblätterdurchgang ist parallel diesem Rhomboeder; zuweilen zeigt sich auch noch ein stumpferes Rhomboeder (Endkantenwinkel = 117° 15′). Bei raschem Erkalten ist der Bruch großblätterig, bei langsamem körnig krystallinisch. Das specifische Gewicht fand Karsten = 6,7006, Brisson = 6,702, Hatchett = 6,712, Marchand und Scheerer bei 16° = 6,715, Böckmann = 6,723, Bergmann = 6,860. Es schmilzt bei schwacher Rothglühhitze, nach Dalton bei 432°, nach Guyton-Morveau bei 513° C., und zwar um so leichter, je reiner es ist; beim Erstarren soll es sich stark ausdehnen **); Marx ***) jedoch fand, daß dieses bei dem reinen Antimon nicht der Fall sei, wohl aber bei Legirungen desselben mit Wismuth in dem Verhältniß von 1 zu 1, 1 zu 2 und selbst zu 4. Bei Zutritt der Luft verdampft es schon bei schwacher Rothglühhitze unter Bildung von Antimonoxyd; wird es an der Luft bis zum Kochen erhitzt, so entzündet es sich und brennt mit lebhafter, bläulichweißer Flamme zu Antimonoxyd; bei Abschluß der Luft läßt es sich in der Weißglühhitze nur in einem Strome von Wasserstoffgas und einem andern sauerstofffreien Gase destilliren. Das Antimon zerlegt in der Rothglühhitze das Wasser mit vieler Lebhaftigkeit, in noch höherer Temperatur sogar mit Explosion; an feuchter Luft verliert es seinen Glanz und überzieht sich mit einer Schicht von Suboxyd, welches man in reichlicherer Menge erhält, wenn man den positiven Pol der Säule mit Wasser, in welchem Antimonpulver sich befindet, in Verbindung setzt. Das sich als blaugraues, leichtes und flockiges Pulver abscheidende Suboxyd ist nach der Ansicht mehrerer Chemiker nur ein Gemenge von Metall und Oxyd (Proust).

Die scharf charakterisirbaren Sauerstoffverbindungen des Antimons sind: Antimonoxyd ($Sb^2 O^3$), antimonige Säure ($Sb^2 O^4$) und Antimon-

*) Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 416.

**) Handwörterb. der Chemie Bd. I. S. 417.

***) Schweigg. Journ. Bd. VIII. S. 464.

säure ($Sb^2 O^5$). Das erstere, welches im unreinen Zustande auch Spießglanzglas heißt und in der Natur als Weißspießglanzerz oder Antimonblüthe sich vorfindet, erhält man durch Glühen oder Verbrennen des Antimons an der Luft, wo es als weißer Nebel aufsteigt und sich an kälteren Körpern als ein weißes, lockeres Pulver oder in feinen glänzenden Nadeln (Spießglanzblumen, Flores Antimonii argentei, Nix Stibii) anlegt. Auch erhält man dieses Oxyd, wenn man Antimon mit Salpeter und zweifach schwefelsaurem Kali zusammenschmilzt, die geschmolzene Masse zuerst mit reinem, dann mit schwefelsäurehaltigem und dann wieder mit reinem Wasser behandelt, oder auf andere Weise. Das Antimonoxyd ist dimorph; die Krystalle des in der Natur vorkommenden gehören dem zwei- und zweigliedrigen Systeme an und bilden eine Säule von 136° 58′ mit Abstumpfung der scharfen Seitenkante und einer auf der letzteren aufgesetzten Endzuschärfung von 76° 32′; das specifische Gewicht ist = 5,56 (Mohs); die Krystalle sind demantglänzend, farblos und durchscheinend. Die durch Verbrennen des Antimons erhaltenen stark glänzenden Nadeln gehören demselben Krystallsystem an und haben nach Boullay ein specifisches Gewicht = 5,778. Bei dem Verbrennen des Antimons bilden sich zuweilen ganz andere Krystalle von Antimonoxyd, die regelmäßige Oktaeder darstellen (Bonsdorff und Mitscherlich, Wöhler, H. Rose, Berzelius), die man nach Mitscherlich *) auch auf nassem Wege erhalten kann, indem sie oft aus der Auflösung in kochendem Natron beim Erkalten derselben anschießen. Das auf nassem Wege, durch Fällung des salpetersauren Antimonoxydes mittelst vielen Wassers, erhaltene Präparat zeigt sich als ein gelblich oder graulich weißes Pulver; alles Antimonoxyd wird beim Erhitzen gelb, schmilzt leicht in schwacher Rothglühhitze und erstarrt, sobald es erkaltet, zu einer grauweißen, strahlig-krystallinischen, seidenglänzenden Masse; es verflüchtigt sich bei höherer Temperatur und bildet weiße geruchlose Nadeln. Die Wirkung desselben ist brechenerregend; es soll nach Berzelius in Wasser, besonders in kochendem, sich ein wenig auflösen, ohne bei dem Erkalten desselben sich wieder abzuscheiden. Das Spießglanzglas (Vitrum Antimonii) ist durch Schwefelantimon verunreinigtes Antimonoxyd (nach Proust enthält es 88,9 Antimonoxyd auf 11,1 Schwefelantimon) und erscheint als schwere, spröde, durchsichtige, bei auffallendem Lichte rothschwarze, bei durchfallendem hyacinthrothe, glasartige Masse, die im Uebrigen fast wie das reine Oxyd sich verhält. Gegen Säuren verhält sich das Antimonoxyd als schwache Base; die Antimonoxydsalze enthalten, da in dem Antimonoxyd 3 At. Sauerstoff vorhanden sind, im neutralen Zustande 3 At. Säure und sind farblose oder blaßgelbe, größtentheils im Wasser lösliche Körper, die einen schwach metallischen Geschmack haben und stark brechenerregend wirken, durch viel Wasser in saure und basische Salze zerlegt, durch Schwefelwasserstoff braunroth oder orangegelb gefärbt und durch Zink, Cadmium, Zinn, Blei, Eisen und Kobalt als schwarzes Metallpulver vollständig gefällt werden. Die in Wasser unlöslichen Salze werden durch Salzsäure aufgelöst und verhalten sich in diesem Zustande gegen Reagentien ebenso wie die durch Wasser bewerkstelligten Lösungen. Die einfachen Salze des Antimonoxyds bieten wenig Bemerkenswerthes dar; das essigsaure Salz kann man krystallisirt erhalten, ebenso das oxalsaure und das citronsaure Antimonoxydkali. Das

*) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XIX. S. 455.

wichtigste von allen hierher gehörigen Salzen ist der in der Medicin so häufig angewendete Brechweinstein oder das weinsteinsaure Antimonoxyd-Kali. Man erhält es durch Digeriren von gleichen Theilen Antimonoxyd und Weinstein mit 5 bis 6 Th. Wasser; aus der Lösung krystallisirt beim Erkalten der Brechweinstein heraus; die Krystalle verlieren nach einiger Zeit ihre Durchsichtigkeit, ohne Wasser zu verlieren. Die Zusammensetzung des Salzes zeigt die folgende Formel nach Berzelius, Mitscherlich u. A.: $KO, \bar{T} + Sb^2O^3, \bar{T} + 2 H^2O$; ($T = C^4 H^4 O^5$); nach Liebig ist die Zusammensetzung des bei 100^0 getrockneten Salzes $= \bar{T}, KO, Sb^2O^3$ oder $\bar{T}, 2 KO + \bar{T}, 2 Sb^2O^3$; ($T = C^8 H^4 O^8$). Berzelius glaubt, daß das Antimonoxyd zwei Reihen von Salzen bildet, das oktaedrische (s. oben) eine Reihe von anderen Salzen als das prismatische Oxyd, weil man nämlich zuweilen bei der Darstellung des Brechweinsteins ein gummiartiges Salz erhält, welches weinsaures Kali und Antimonoxyd enthält; da aber der Brechweinstein eine Verbindung von basisch weinsaurem Antimonoxyd mit neutralem weinsaurem Kali ist, so dürfte es leicht sein, daß das erwähnte gummiartige Salz nichts weiter ist, als die neutrale Verbindung $KO, \bar{T} + Sb^2O^3, 3 \bar{T}$ (Liebig) *). Auf ähnliche Art, wie das Kalidoppelsalz, erhält man auch das Natron- oder Ammoniakdoppelsalz der Weinsteinsäure, sowie auch die Doppelsalze anderer Säuren, von denen namentlich das traubensaure, oxalsaure und das citronsaure Antimonoxyd-Kali in bestimmbaren Krystallen dargestellt werden können. Das Antimonoxyd verhält sich gegen kaustische Alkalien wie eine schwache Säure; es verbindet sich mit denselben zu einem schweren, körnig-krystallinischen, weißen Pulver (unterantimonigsaure Alkalien); die Auflösungen dieser Verbindungen, der Luft ausgesetzt, absorbiren schnell Kohlensäure und Sauerstoff und setzen an den Wänden und dem Boden des Gefäßes regelmäßige Krystalle von sauren antimonigsauren Alkalien ab.

Antimonige Säure erhält man durch Glühen des salpetersauren Antimonoxyds oder der Antimonsäure, oder auch durch längeres Erhitzen des Antimons, Schwefelantimons oder des Antimonoxyds an der Luft. Sie bildet ein weißes, in Wasser unlösliches Pulver, das beim Erhitzen strohgelb wird, aber weder schmilzt noch sich verflüchtigt, in der Löthrohrflamme lebhaft leuchtet und nur in der innern Flamme langsam abnimmt; das specifische Gewicht fand Karsten = 6,6952. Wird das in Wasser gelöste antimonigsaure Kali oder Natron mittelst einer Säure zersetzt, so fällt eine flockige Substanz nieder, welche das Hydrat der antimonigen Säure, in concentrirter Schwefelsäure etwas und in Salzsäure leicht löslich ist und beim Erhitzen die ganze Menge seines Wassers, 5,26 Proc. = 1 At., verliert. Die neutralen Salze der antimonigen Säure enthalten in der Basis $^1/_4$ von der Sauerstoffmenge der Säure; die Verbindungen mit Alkalien, von denen man das Kali-, Barytsalz ꝛc. als krystallinisches Pulver darstellen kann, sind in Wasser auflöslich, die anderen, wie auch die sauren Salze entweder schwer oder gar nicht löslich.

Antimonsäure, rein zuerst 1811 von Berzelius dargestellt, in der Natur als Antimonocker vorkommend, erhält man durch Erhitzen des Metalls oder der niederen Oxydationsstufen mit Salpetersäure. Sie erscheint als ein

---

*) Handwörterb. der Chemie. Bd. I. S. 430.

strohgelbes oder blaßcitrongelbes, sich durch Erhitzung, ohne zu schmelzen, dunkelorange färbendes Pulver, welches geschmacklos, im Wasser unlöslich, das Lakmus nicht röthend und unschmelzbar ist und nach Boullay ein specif. Gewicht = 6,525 hat. Es verbindet sich mit Wasser zu Antimonsäurehydrat, welches ein lockeres, weißes, Lakmus röthendes und in Wasser unlösliches Pulver darstellt und 5,09 = 1 At. Wasser enthält. Die Antimonsäure bildet mit den Basen, zu welchen sie übrigens nur geringe Verwandtschaft zeigt, die antimonsauren Salze, von denen die antimonsauren Alkalien bei vorherrschenden Säuren in Wasser unlöslich, die neutralen und basischen aber zum Theil löslich sind, zum Theil in der Hitze verglimmen (namentlich das Zink-, Kobalt- und Kupfer-Salz) und sich dann schwer zerlegen lassen. In den neutralen Salzen verhält sich der Sauerstoff der Base zu dem der Säure wie 1 : 5. Die sauren Salze enthalten auf 1 At. Basis 2 At. Säure (Berzelius) und nach Fremy giebt es auch Salze, welche auf 1 At. Säure $1^1/_2$ und 2 At. Basis besitzen und durch Glühen von einfach-antimonsaurem Alkali mit überschüssigem Alkali erhalten werden können. Das neutrale antimonsaure Kali erhält man durch Verpuffen von 1 Th. Antimon mit 6 Th. Salpeter, Auswaschen mit kaltem und Auflösen in heißem Wasser; die Auflösung bedeckt sich, bei dem Eindampfen bis zur Honigdicke, mit einer aus kleinen Krystallkörnern bestehenden Haut, und bildet nach dem Erkalten eine weiße krystallinische Salzmasse, welche stärker erhitzt honiggelb und, nachdem sie ihren ganzen Wassergehalt verloren hat, wieder weiß wird. Das saure antimonsaure Kali (Antimonium diaphoreticum ablutum, Cerussa antimonii, Calx antimonii alba) bleibt bei einer ähnlichen Behandlung von 1 Th. Antimon mit 3 Th. Salpeter nach dem Auskochen mit Wasser zurück. Nimmt man statt des Antimons Schwefelantimon, so erhält man das Antimonium diaphoreticum (schweißtreibendes Spießglanzoxyd), ein obsolet gewordenes pharmaceutisches Präparat, welches ein Gemenge von schwefelsaurem, saurem antimon- und antimonigsaurem Kali (Liebig) ist.

Bei dem Auflösen einer Legirung von Zink und Antimon in verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure und bei dem Auflösen von Zink in einer verdünnten, mit Antimonoxyd oder einer Verbindung desselben versetzten Schwefelsäure oder Salzsäure erhält man das Antimonwasserstoffgas, ein weißes, eigenthümlich riechendes Gas, welches sich in vieler Hinsicht dem Arsenwasserstoff ähnlich verhält (s. d. Art. Arsenik).

Von Wichtigkeit, besonders wegen ihrer vielfachen medicinischen Anwendung, sind ferner die Verbindungen des Antimons mit Schwefel, sowie die Präparate, zu deren Bereitung diese Schwefelungsstufen das Hauptmaterial liefern. Das krystallisirte Dreifach-Schwefelantimon (Antimonsulfür, graues Schwefelantimon, roher Spießglanz, Antimonium crudum), als Schwefelspießglanz schon den alten Griechen bekannt, findet sich häufig in der Natur als Grauspießglanzerz, welches zur Darstellung des reinen Schwefelantimons nur ausgeschmolzen zu werden braucht. Künstlich erhält man es ebenfalls durch Zusammenschmelzen seiner Bestandtheile, oder von einem Oxyde des Antimons mit überschüssigem Schwefel; nach einer Vorschrift z. B. durch Zusammenschmelzen von 20 Th. käuflichem Antimon mit 11 Th. Schwefel. Das natürliche findet sich manchmal in zwei- u. zweigliedrigen Oktaedern (Endkantenwinkel = 107° 56′) und deren Abänderungen krystallisirt, das künstlich dargestellte erscheint

als eine strahlig krystallinische Masse von hellbleigrauer Farbe und metallischem Glanz, die spröde und leicht zu pulverisiren ist, ein schwarzgraues (das chemisch-reine nach Rose ein rothbraunes) Pulver giebt, geschmacklos, fast unlöslich in Wasser, leicht schmelzbar, im verschlossenen Raume unzerlegbar und in der Hitze sehr schwer zu verflüchtigen ist, jedoch bei abgeschlossener Luft sich unzersetzt überdestilliren läßt. Das specif. Gew. ist nach Mohs 4,620, nach Breithaupt 4,626 und das des durch Schwefelwasserstoff aus der salzsauren Auflösung gefällten und geschmolzenen nach Karsten 4,752. — Amorphes Dreifach-Schwefelantimon (Mineralkermes, Carthäuserpulver, Kermes minerale, Pulvis Carthusianorum) erhält man in den Apotheken dadurch, daß man 4 Th. Antimon und 2 Th. Schwefel, oder ungefähr 5 Th. Antimonsulfür mit 3 Th. wasserfreiem kohlensaurem Natron *), oder nach Liebig, wenn man 4 Th. Schwefelantimon mit 1 Th. wasserfreiem kohlensaurem Natron zusammenschmilzt, dann die Masse nach dem Erkalten fein reibt, diese Masse mehrmals mit Wasser auskocht und heiß filtrirt; die Auflösung enthält dann eine Verbindung von Antimonsulfür (Mineralkermes) mit Schwefelnatrium, während das Antimonoxyd und Antimonoxydsulfür, welches bei dem Schmelzen in größerer oder geringerer Quantität sich zu bilden pflegt, ungelöst zurückbleibt. Der reine Mineralkermes ist nach Berzelius, Rose, Gmelin und Fuchs als amorphes Dreifachschwefelantimon zu betrachten; er bildet in diesem Zustande ein lockeres, braunrothes, sammetartiges Pulver, das ein specif. Gewicht = 4,15 hat, auf Papier gerieben einen rothen Strich giebt, geschmack- und geruchlos ist und in sehr geringen Dosen brechenerregend wirkt. Liebig hält den Kermes für eine Verbindung von Schwefelantimon mit Antimonoxyd. Nach den Untersuchungen von H. Rose ist er, wie angeführt, Dreifach-Schwefelantimon, verunreinigt oder verbunden mit einer größeren oder geringeren Menge von Schwefelnatrium oder Schwefelkalium. Eine bestimmte Verbindung von Schwefelantimon mit Antimonoxyd bildet dagegen der sogenannte Crocus Antimonii ($Sb^2O^3 + 2\,Sb^2S^3$), welche Verbindung auch in der Natur in rothen Nadeln krystallisirt vorkommt und unter dem Namen von Rothspießglanzerz bekannt ist. Das so eben beschriebene Schwefelantimon verhält sich gegen andere Schwefelmetalle auf nassem Wege wie eine sehr schwache Säure; jedoch hat man bisher aus den Auflösungen, namentlich der Alkalien, keine krystallisirbaren Verbindungen erhalten können; in der Natur dagegen kommen schön krystallisirte Verbindungen vor, die je nach ihrer Zusammensetzung verschiedene Namen erhalten haben (s. oben). Dreifach-Schwefelantimonkalium (Spießglanzleber, Hepar Antimonii) läßt sich durch Zusammenschmelzen von Schwefelantimon mit schwefelsaurem Kali und Kohle, oder von kohlensaurem Kali und Kohle darstellen; es bildet eine dunkelbraune alkalische Masse, schmilzt leicht und erstarrt beim Erkalten unter starkem Zusammenziehen, Knistern und Zerspringen (Marx); bei stärkerem Glühen mit Ausschluß der Luft wird es zersetzt unter Abscheidung von metallischem Antimon, so daß ihre Lösung in Wasser bei Zusatz von Säure zuerst Kermes und hierauf das hellere Schwefelantimon absetzt. — Fünffach-Schwefelantimon (Antimonsulfid, goldfarbiger Spießglanzschwefel, Goldschwefel, Sulphur Antimonii auratum) wird erhalten, wenn man eine Auflösung von

*) Mitscherlich, Lehrb. Bd. II. S. 466.

Fünffach-Schwefelantimonnatrium mit Schwefelsäure versetzt und den dadurch bewirkten Niederschlag sammelt, oder nach Berzelius durch Zusammenschmelzen von 4 Th. kohlensaurem Kali, 5 Th. Schwefelantimon und 1 Th. Schwefel zu Spießglanzleber und Auflösung der Masse in heißem Wasser. Man erhält so ein leichtes, lockeres, lebhaft orangefarbenes Pulver, welches fast geschmack- und geruchlos, unlöslich in kaltem Wasser ist und durch wässeriges Ammoniak, Kali und Natron in der Wärme vollständig aufgelöst wird; seine Wirkung ist der des Mineralkermes gleich, wenn der letztere rein und frei von Antimonoxyd und antimonsaurem Alkali ist; wegen dieser Verunreinigungen des Kermes, wodurch er brechenerregend wirkt, hat man die Anwendung des Kermes aufgegeben und verschreibt statt dessen jetzt fast allgemein Sulphur auratum (Mitscherlich). Das Antimonsulfid verbindet sich auf nassem Wege mit allen Schwefelbasen. Das Natriumantimonsulfid (Schlippe'sches Salz) erhält man durch Digeriren von 8 At. Schwefelantimon, 18 At. kohlensaurem Natron, 36 At. Kalkerde und 16 At. Schwefel mit Wasser in einem eisernen Kessel (Mitscherlich). Die filtrirte Auflösung setzt beim Verdampfen große, gelblich gefärbte, regelmäßige Tetraeder ab, die Ecken abgestumpft oder mit 3 Flächen zugespitzt (Dodekaeder). Es ist zusammengesetzt nach der Formel $3\,Na\,S, Sb^2\,S^5 + 18\,aq$ und verliert im Vacuum über Schwefelsäure nach Duflos 20,5 Proc. Wasser; die Verbindung ist übrigens luftbeständig, von anfangs kühlendem, dann widerlich stechendem, metallisch schwefligem Geschmack; Weingeist schlägt aus der wässerigen Lösung ein weißes Salz nieder und färbt sich schnell gelb, unter Ablagerung von weißlichen Flocken, die bald orangegelb werden. Das Calciumantimonsulfid oder den von Hoffmann entdeckten und als Geheimmittel verkauften, sogenannten Spießglanzkalk (Calx Antimonii cum Sulphure Hoffmanni) erhält man nach Hoffmann durch Glühen eines innigen Gemenges von 3 Th. Schwefelantimon, 4 Th. Schwefel und 16 Th. reinem Kalk in einem verschlossenen Tiegel, als ein weißgelbliches, schwach nach Schwefelwasserstoff riechendes Pulver von scharfem, schwefligem Geschmack, das sich übrigens wie andere Schwefelleber verhält.

Mit Chlor geht das Antimon 2 Verbindungen ein; die niedrigste Chlorstufe, das Dreifach-Chlorantimon (Spießglanzbutter, Butyrum Antimonii, Causticum antimoniacale, Antimonchlorid) erhält man durch Hinüberleiten von Chlor über erhitztes Schwefelantimon, oder durch Destillation von 3 Th. (1 At.) Antimon mit 8 Th. (beinahe 3 At.) Quecksilbersublimat; bei gewöhnlicher Temperatur ist es fest und krystallisirt leicht, bei 72° schmilzt es zu einem farblosen und gelblichen Oel (Capitaine), welches bei 197° (Davy) in ein farbloses Gas von 7,3 specif. Gewicht sich verwandelt. An der Luft zieht es Wasser an, zerfließt und zersetzt sich unter Bildung von Antimonoxyd, welches in Verbindung mit Dreifachchlorantimon als sogenanntes Algarothpulver (Pulvis Algaroth s. angelicus, Mercurius vitae) niederfällt, weißes Pulver oder feine grauweiße stark glänzende Nadeln, welche beim Erhitzen schmelzen und bei der Destillation in überdestillirendes Antimonchlorid und in zurückbleibendes Antimonoxyd zerfallen. — Fünffach-Chlorantimon (Antimonsuperchlorid) bildet sich bei gelindem Erhitzen von Antimon in einem Strome von Chlorgas oder durch Verbrennen von Antimonpulver im Chlorgase bei gewöhnlicher Temperatur. Farblose oder blaßgelbe Flüssigkeit, die bei

einer niedrigen Temperatur fest wird, bei etwas erhöhter unter theilweiser Zersetzung überdestillirt. Die Flüssigkeit riecht höchst widrig ätzend, raucht stark an der Luft und zieht Feuchtigkeit an, wodurch sie in eine weiße Krystallmasse von gewässertem Antimonsuperchlorid oder krystallisirter salzsaurer Antimonsäure verwandelt wird. — Mit Brom, Jod und Fluor geht das Antimon denen des Chlors analoge Verbindungen ein. — Das Antimon bildet mit den Metallen Legirungen und verhält sich gegen dieselben meist wie das Arsenik und Tellur. Mit Arsenik findet sich das Antimon theils natürlich verbunden, als Arsenikspießglanz, theils lassen sich beide Körper leicht zu einem spröden leichtflüssigen Gemisch, welches das Ansehen des Antimons hat, zusammenschmelzen. Ein Gemisch von gleichen Theilen Schwefel, Antimon und weißem Arsenik war früher unter dem Namen Pyrmesonstein (arsenikalischer Magnet, spießglanzhaltiger Arsenikrubin) officinell. — Mit Kalium und Natrium vereinigt sich das Antimon unter Feuerentwicklung. Das Antimonkalium ist eine graue, strahlig krystallinische, metallisch glänzende Masse, welche an der Luft schnell matt und schwarzgrau wird und dabei zu Pulver zerfällt. Wirft man das frisch bereitete in Wasser, so zerspringt es unter Detonation, bisweilen unter Erglühen, und entwickelt rasch Wasserstoffgas, welches, wenn Arsenik im Antimon war, Arsenikwasserstoffgas enthält. Auch durch Glühen des Brechweinsteins in verschlossenen Gefäßen entsteht kohlehaltiges Antimonkalium, welches sich an der Luft von selbst entzündet.

Die Abscheidung und Bestimmung des Antimons geschieht meistens mittelst Schwefelwasserstoff; man erhält dabei ein der in der Flüssigkeit vorhandenen Oxydationsstufe entsprechendes Schwefelantimon; um die Fällung von Antimonoxyd in einer verdünnten Auflösung zu verhindern, muß man Weinsteinsäure hinzusetzen oder mit einer wässerigen Auflösung von Weinsteinsäure die Flüssigkeit verdünnen. Ferner läßt man die Flüssigkeit nach der Sättigung mit Schwefelwasserstoffgas an einem etwas erwärmten Orte stehen, bis aller Geruch nach Schwefelwasserstoff verschwunden ist, ehe man den gebildeten Niederschlag abfiltrirt, weil sonst etwas Schwefelantimon aufgelöst bleibt. Man sammelt den Niederschlag auf einem gewogenen Filtrum, trocknet und wiegt, und bestimmt, weil derselbe oft aus verschiedenen Schwefelungsstufen des Antimons besteht, die Menge des in demselben enthaltenen Schwefels, welche man von der gefundenen des Schwefelantimons abzieht, um die gesuchte Quantität das Antimons zu erhalten. Die Methoden, welche man bei diesen Operationen anzuwenden hat, findet man in dem Artikel Analyse bei Gelegenheit der Beschreibung der quantitativ-analytischen Untersuchung des Fahlerzes ausführlich beschrieben, wo auch die Trennung des Antimons von dem Arsenik und anderen Metallen besprochen wurde. — Von Zinn kann man das Antimon auf die Weise trennen, daß man, wenn man mit einer Legirung beider Metalle zu thun hat, in der mit Salzsäure durch Hinzufügung von chlorsaurem Kali bewerkstelligten Auflösung das Antimon mittelst eines reinen Zinnstreifens aus der erwärmten Flüssigkeit durch längere Berührung mit derselben metallisch niederschlägt und so bestimmt. Oder: man bringt die salpetersäurefreie in einem Glaskolben enthaltene Auflösung beider Metalle mit einem blanken Zinkstreifen in Berührung; das entweichende Wasserstoffgas reinigt man zuerst durch Hineinleiten in eine kleine mit etwas Wasser versehene Flasche und leitet es dann in einen sogenannten Liebig'schen Kaliapparat, in welchem

eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd sich befindet. Nach dem Aufhören der Wasserstoffentwicklung spült man von dem Zinkstreifen alles anhängende Zinn und Antimon ab und läßt den Kolben, welcher jetzt alles Zinn, fast alles Antimon und etwas Zinklösung enthält, ruhig stehen, bis die metallische Masse sich abgesetzt hat; die Flüssigkeit wird dann abgegossen und statt deren Salzsäure in den Kolben gebracht, dieser wieder mit der Waschflasche und dem Kaliapparat in Verbindung gesetzt und erwärmt, wodurch alles Zinn als Chlorür aufgelöst wird, während das Antimon als metallisches Pulver zurückbleibt; dieses wird abfiltrirt und gewogen, und das Zinn aus der Auflösung durch Schwefelwasserstoff gefällt. In dem Liebig'schen Apparat hat sich ein wenig schwarzes Pulver, Antimonsilber, abgesetzt, in welchem das Antimon für sich bestimmt wird. — Ueber das charakteristische Verhalten des Antimons vor dem Löthrohr s. d. Art. Löthrohr.

E. W.

Antipoden, s. Erde.

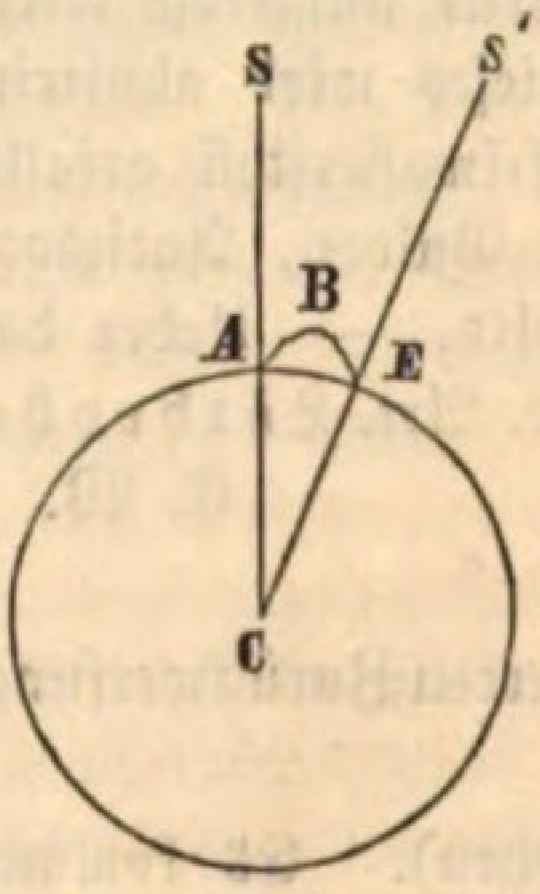
Anwandlungen des leichteren Durchganges und der leichteren Zurückwerfung, s. Farbenringe.

Anziehung, Attraction (v. d. lat. attrahere, anziehen). Es kommen in der Natur eine Menge von Erscheinungen vor, bei denen offenbar Anziehung stattfindet, und welche wir nicht anders erklären können, als durch Annahme einer in ihnen sich äußernden Anziehungskraft. Solche Erscheinungen sind die der Attraction und Cohäsion, der Haarröhrchenanziehung, der Schwere und Gravitation, der chemischen Verwandtschaft, endlich die an elektrischen und magnetischen Körpern. Um alle diese verschiedenartigen Erscheinungen unter einen Gesichtspunkt fassen zu können, sind viele Naturforscher geneigt, eine allgemeine Anziehungskraft, welche aller Materie eigenthümlich, derselben zu ihrem Bestehen nothwendig sei, anzunehmen. In diesem Sinne sprach Immanuel Kant von einer Ziehkraft, welcher er eine Dehnkraft (s. d. Art. Abstoßung) entgegensetzte. — Seit Newton nimmt man eine aller Materie eigenthümliche Anziehungskraft an, aber das von Newton *) bewiesene Gesetz derselben erklärt zwar die Erscheinungen der Schwere und der Gravitation (s. d. Art.), nicht jedoch die der Cohäsion und Adhäsion, noch weniger die der chemischen Verwandtschaft und die bei elektrischen und magnetischen Körpern. Newton's allgemeines Gesetz der Anziehung ist, daß sich dieselbe direct verhalte wie die Massen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung. Indeß sah Newton selbst ein, daß durch Annahme jener Anziehungskraft und des Gesetzes, nach welchem sie wirke, keineswegs die physische Ursache der Erscheinungen gefunden sei, sondern nur eine Erfahrung ausgesprochen werde. Wie indeß die Erscheinung selbst bei aller Materie vorkommt, sieht man am deutlichsten aus der Massenanziehung. Schon Newton **) behauptete, daß ein Berg, welcher drei englische Meilen hoch und sechs Meilen breit wäre, ein an seinem Fuße

*) Philosophiae naturalis principia mathematica. London 1687. Beste Ausg. Phil. nat. princ. math. perpetuis commentariis illustr. studio P. P. Thomae le Seur et Franc. Jacquier. Genevae 1739. 3 Tom. Desgl. 1750. 4 Tom.

**) A treatise of the system of the world by Sir Js. Newton. Lond. 1728. in Opusc. T. II. p. 21.

hängendes Loth um 1′ 18″ von der senkrechten Linie abziehen müsse. Man hat später untersucht, ob solch eine Ablenkung des Lothes wirklich stattfinde, und sie in der That gefunden. Schon bei der peruanischen Gradmessung suchten Bouguer und Condamine *) zu bestimmen, wie stark das Loth durch die Masse des Chimborasso abgelenkt werde. Sie glaubten eine Ablenkung um 7″,5 annehmen zu dürfen. Die Untersuchung wird am besten in folgender Art angestellt. Gesetzt der Kreis um C stelle die Erde und B einen Berg auf ihr vor, der Stern S befinde sich im Zenith des Beobachters in A, so muß, findet keine Ablenkung des Lothes durch die Masse des Berges stat die Richtung des Lothes in die gerade Linie SC fallen, und ist S′ ein Stern im Zenith des Beobachters in E, so muß das Loth, wenn der Berg keine Ablenkung bewirkt, in die Linie S′C fallen. Zieht hingegen der Berg das Loth an, so muß die Richtung desselben auf der Seite von A nach B abweichen und SC schneiden, und ebenso muß auf der Seite E nach B abweichen und S′C schneiden. Aus den Winkeln, in denen sich diese Linien schneiden, läßt sich die Kraft, mit welcher die Bergmasse das Loth ablenkt, bestimmen. Maskelyne und Hutton **) stellten in den Jahren 1774 bis 1776 zu beiden Seiten des Berges Shehallien (gälisch Thichallin) in Pertshire an der schottischen Grenze Beobachtungen an, aus denen sich ergab, daß die Anziehungskraft eines Berges von 500 Toisen Höhe 5″,83 betrage. Zach ***) hat ähnliche Beobachtungen angestellt an dem Berge Mimet hinter Marseille, der 300 Toisen hoch ist, und hat eine Ablenkung des Lothes von 1″,98 gefunden. Auch das von Maskelyne gefundene Resultat berichtigte derselbe auf 5″,816. Um auch die Anziehungskraft kleiner Massen zu beobachten, hat Cavendish †) die Drehwage benutzt (s. d. Art.). Er hing an eine sehr empfindliche Drehwage, welche aus einem 6 F. langen Arme an einem 40 F. langen dünnen Drahte bestand, Bleikugeln von 2 Z. Durchmesser auf, und bemerkte, als er denselben in einem gegen den Luftzug gesicherten Kasten eine Bleimasse von 8 Z. Durchmesser näherte, eine Anziehung beider Massen, welche er als dem funfzigmillionsten Theile des Gewichtes der Kugeln gleich bestimmte.



Auch bei den nichtwägbaren Stoffen bemerkt man eine Art von Anziehung durch wägbare Stoffe; dahin gehört: das Festgehaltenwerden der Wärme, die Erscheinungen bei Lichtsaugern, die Atmosphären der elektrischen und magnetischen Körper. Biot meint in der Anziehung, als einer Eigenthümlichkeit der Materie, einen Beweis für die Materialität auch der sogenannten unwägbaren Stoffe zu finden.

Im Allgemeinen können wir mit Parrot ††) unterscheiden: Anziehung in der Entfernung, als Ursache der Schwere und Gravitation; Anziehung

*) La figure de la terre determinée par les observations de M. M. Bouguer et Condamine. Pairs 1746. sect. VII. p. 375.

**) Phil. Transact. LXV. p. 534. LXVIII. Phil. Tr. Obs. XIII. 702. Tracts on mathem. and philos. subjects by C. Hutton. 2 Voll. Lond. 1812. Vol. II. p. 1.

***) L'attraction des montagnes etc. par le Bar. de Zach. Avignon 1811. 2 Vol. V. I. p. 355.

†) Phil. trans. 1798. II. 469. Gilb. Ann. Bd. II. S. 1.

††) Grundriß der theor. Phys. Leipzig 1809. S. 31. 108.

in der Berührung, als Ursache (der Haarröhrchenanziehung,) der Cohäsion und Adhäsion (doch soll nach Einigen bei dieser auch Anziehung in die Ferne stattfinden, s. d. Art. Adhäsion); Anziehung, die bei chemischer Verwandtschaft stattfindet. Hierzu käme noch: Anziehung der magnetischen und der elektrischen Körper.

Der allgemeinen Anziehung stellt man als gegenwirkende Kraft eine allgemeine Abstoßung oder Repulsion (v. d. lat. repulsio Abstoßung) entgegen. Wenn nämlich alle einzelnen materiellen Theilchen mit dem alleinigen Streben, sich gegenseitig anzuziehen, in gewissem sich für alle gleich bleibenden Grade begabt wären, so müßte die gesammte Körperwelt eine gleichförmig dichte compacte Masse darstellen, und setzte die Anziehung sich ohne einen Widerstand zu finden ins Unendliche fort, so müßte die gesammte Körperwelt in Einen Punkt zusammenschrumpfen. Da dies nun aber keinesweges der Fall ist, so muß eine der Anziehung der Massentheilchen entgegenwirkende Kraft ebenso allgemein thätig sein, wie jene. Wenn diese allein sich geltend machte, so würde eine unendliche Verdünnung der Körpermasse, eine Zerstreuung der Massentheilchen ins Unendliche die Folge sein. Der wirkliche Zustand der Körperwelt mit seinen höchst verschiedenen dichten Einzelkörpern, seinen trennenden Zwischenräumen ꝛc. muß also die Folge einander entgegenwirkender Kräfte sein, welche in ein Verhältniß des Gleichgewichtes getreten sind. Wie es eine Menge von anziehenden Kräften in der Natur giebt, welche man noch keinesweges auf eine allgemeine Anziehungskraft zurückzuführen vermocht hat, so kennt man auch eine Anzahl abstoßender Kräfte, welche ebenso wenig auf eine allgemeine Abstoßungskraft zurückgeführt worden sind. Solche sind die Capillardepression, die Ausscheidung verschiedener Stoffe durch chemische Processe, die Abstoßung gleichnamiger Pole der Magnete und gleichnamig elektrisirter Körper u. a. Das bedeutendste abstoßend oder eigentlich ausdehnend, verdünnend wirkende Agens ist die Wärme (s. d. Art. Ausdehnung), in welcher deshalb Biot das Princip der allgemeinen Abstoßung zu finden meint. Die ausdehnende Thätigkeit der Wärme ist ebenso allgemein wie die anziehende Thätigkeit der Massen gegen einander. Man kann aber die Massenanziehung der Wärme nicht entgegensetzen, sondern wie die Abnahme der Wärme (Erkaltung) ebenso mit Zusammenziehung verbunden ist, wie die Zunahme der Wärme (Erhitzung) mit Ausdehnung, so müßte man den Gegensatz der Erscheinung von der Anziehung und Abstoßung principiell auf den Gegensatz von Kälte und Wärme zurückführen. Eine ins Unendliche zunehmende Kälte, welche keine ihr entgegenwirkende Kraft hätte, würde ebenso die gesammte Körperwelt in einen Punkt zusammenziehen, also aufheben, wie eine ins Unendliche zunehmende Wärme ohne gegenwirkende Kraft die Körperwelt ins Unendliche ausdehnen, verdünnen und endlich verschwinden machen würde.

Apatit (von ἀπατᾶν täuschen, weil dieses Mineral anfangs die Mineralogen hinsichtlich seiner mineralogischen Bestimmung, zu verschiedenen Irrthümern veranlaßte), Spargelstein, Mororit heißt ein Mineral, welches in sechsgliedrigen Säulen krystallisirt mit einem Dihexaeder zugespitzt, dessen Flächen gegen die Axe etwa 50° geneigt sind, nebst verschiedenen Abänderungen; Spaltbarkeit deutlich parallel der geraden Endfläche; specif. Gewicht = 3,2 bis 3,25; mit ausgezeichnetem Fettglanz; die Härte ist zwischen der des Flußspaths und Feldspaths; er kommt farblos und fast in allen Färbungen vor, besonders häufig heller oder dunk-

ler grün gefärbt; Strich und Pulver weiß. Der Apatit ist, wenn auch meist nur in geringer Menge, sehr allgemein verbreitet; er findet sich sowohl in den ältesten Gebirgen, namentlich in dem Granit und Gneus des St. Gotthard, im Salzburgischen, zu Schlackenwald in Böhmen, zu Arendal in Norwegen 2c., wie auch in allen jüngeren plutonischen und vulkanischen Gesteinen und geschichteten Gebirgen. Diesem Mineral hauptsächlich verdankt die Ackerkrume ihren ursprünglichen Gehalt an Phosphorsäure, deren Gegenwart für die Entwicklung der Vegetation so wichtig und nothwendig ist; der Apatit besteht nämlich der Hauptsache nach aus basisch phosphorsaurem Kalke, nebst einer geringen Menge von Fluor- und Chlorcalcium, nämlich aus $Ca\ (Fl^2\ Cl^2) + 3\ (3\ CaO,\ P^2\ O^5)$. Der sogenannte Spargelstein, der Phosphorit, Moroxit und der erdige Apatit sind nur Abänderungen des angeführten Minerals und gehören derselben Gattung an. E. W.

Apertur, s. Blendung.

Aphelium, s. Bahn.

Aplanatische Linsen, s. Linsen.

Apogeum, s. Bahn.

Apparat (v. d. lat. apparare zurüsten, daher Geräth, Vorrichtung) nennt man in den Naturwissenschaften jede Vorrichtung, welche dazu dient, Versuche und Beobachtungen anzustellen. Solche Vorrichtungen stellt man her theils um einzelne Erscheinungen hervorzubringen, theils um gewisse Zustände in der Natur wiederholt zu beobachten oder Erscheinungen nach Bedürfniß schnell und leicht zu erzeugen. Die Apparate der letzteren Art werden auch Instrumente genannt und vielfach unter einander verbunden, um Apparate der ersten Art herzustellen. Ein Gefäß z. B. mit Wasser, in welchem man den Schmelzproceß des Eises beobachten will, ist ein einfacher Apparat, ein Thermometer aber, mit welchem man die Temperatur jedes Ortes, wo man es hinbringt, leicht und schnell beobachten kann, ein Instrument; stellt man das Thermometer in jenes Gefäß mit Eis und Wasser, stellt daneben noch ein Barometer auf, um den herrschenden Luftdruck zu beobachten, und ein Hygrometer, um den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre zu beurtheilen, welche beide Momente von Einfluß auf den Verlauf des Schmelzprocesses sind, so geben alle diese Vorrichtungen zusammengenommen einen zusammengesetzten Apparat. Eigene Namen haben eigentlich nur die Instrumente, jedoch sind auch (besonders in früherer Zeit) solche Apparate, welche nur zur Beobachtung oder Hervorbringung von vereinzelten, nur ein vorübergehendes Interesse habenden Erscheinungen dienten, mit eigenen Namen belegt worden. In diesem Lexikon werden die Instrumente unter ihren Namen, die übrigen Apparate bei Gelegenheit der Erscheinungen beschrieben, auf welche sie sich beziehen.

Eine Sammlung physikalischer Apparate aller Art und namentlich von Instrumenten nennt man ein physikalisches Cabinet, wohl auch in ihrer Gesammtheit einen physikalischen Apparat. Das Cabinet bezeichnet aber eigentlich den Ort, an welchem die Apparate aufbewahrt werden. Ueber die Beschaffenheit eines solchen Cabinets spricht sich der sachkundige Baumgartner *) wie folgt aus.

„Das physikalische Cabinet ist der zur Aufbewahrung physikalischer Instrumente bestimmte Platz, welcher überdies die zur Anstellung der Versuche und

*) Baumgartner, Naturlehre. Bd. II. S. 3.

Beobachtungen nöthige Gelegenheit darbietet. Der Werth eines physikalischen Cabinets richtet sich keineswegs nach seiner Ausdehnung und nach der Menge, sondern nur nach der Auswahl und Güte der vorhandenen Instrumente. Alte Cabinete, wie man sie hier und da antrifft, überraschen das Auge durch die Menge der Geräthschaften und ihre glänzende Außenseite. Läßt man sich aber durch die vergoldeten Leisten, durch die Löwenfüße, auf denen die Instrumente ruhen, und durch die Adlerköpfe, welche die Handhaben tragen, nicht blenden und stellt eine nähere Untersuchung an, so findet man meistens nur elektrische und pneumatische Spielwerke, Wasserkünste und verjüngte Sonnensysteme. Es ist gut, wenn auch nicht unerläßlich, daß ein physikalisches Cabinet aus mehreren abgeschlossenen Räumen besteht, deren jeder für besondere Instrumente bestimmt ist; wenigstens soll sich an den eigentlichen Instrumentensaal ein Zimmer anschließen, das zu Anstellung der Versuche oder zu Vorbereitungen bestimmt ist. Sollen mit den physikalischen Experimenten auch chemische vereinigt werden, so ist ein eigenes Gemach zur Aufbewahrung chemischer Producte unerläßlich, damit nicht den meist metallenen, physikalischen Apparaten die Nachbarschaft der scharfen verdünstenden chemischen Producte nachtheilig oder gar verderblich werde. Uebrigens sind mehrere Zimmer einem einzelnen, wenn auch an Rauminhalte ihnen gleichen vorzuziehen, weil erstere zur Aufstellung von Kästen mehrere Wände darbieten. Die absolute Größe richtet sich nach dem individuellen Zustande jedes Ortes und kann hier nicht angegeben werden. Ein zu einem physikalischen Cabinete bestimmtes Local soll stets hinreichende Festigkeit haben. Manche Versuche erfordern einen besonders festen Stand der Instrumente, ja viele Instrumente leiden durch die beständigen Oscillationen, in denen sie begriffen sind, wenn der Boden nicht die gehörige Festigkeit hat. Es ist wünschenswerth, daß sich wenigstens in einem Zimmer ein Plätzchen befinde, welches ganz vom Fußboden des übrigen Theils isolirt dasteht und daher an den Bewegungen desselben keinen Antheil nimmt. In großer Höhe, z. B. im dritten, vierten Stockwerke, erzielt man selten die nöthige Festigkeit; dazu kommt noch, daß es gefährlich ist, manche Instrumente über viele Treppen zu transportiren, und mühsam, den zu Versuchen oder zur Reinigung der Instrumente nöthigen Wasservorrath in solche Höhe zu bringen. Indeß ist auch ein Platz zu ebener Erde selten für ein physikalisches Cabinet geeignet, weil es ihm meistens an der nöthigen Trockenheit fehlt. Instrumente aus Holz quellen an feuchten Orten an, ihre Theile treten aus ihrer Verbindung; metallene oxydiren sich oder laufen an. Eine Elektrisirmaschine, ein Elektrophor giebt an einem solchen Platze keine Wirkung. Bei Errichtung eines neuen Gebäudes, wo zu ebener Erde ein physikalisches Cabinet eingerichtet werden soll, kann man der Feuchtigkeit dadurch einigermaßen vorbeugen, daß man unter dem Fußboden eine Lage von Schlacken, Kohlen oder einer andern trockenen Substanz anbringt. Der Trockenheit wegen ist es auch nöthig, daß ein physikalisches Cabinet nicht an der sogenannten Wetterseite (bei uns NW) liege, weil da fast jeder Regen anschlägt. Allein selbst wenn dieses nicht wäre, so dürfte ein physikalisches Cabinet nicht an dieser Seite liegen, wenn darin optische Versuche angestellt werden sollen. Zu diesen braucht man immer directes Sonnenlicht, das man an der Nordseite nie, an der Abendseite nur Nachmittags bekommt, wo selbst an sonst heiteren Tagen die Dünste das Licht zu stark schwächen. Diese Umstände machen es unerläßlich, ein physikalisches Cabinet an die Mittags- oder, falls dieses nicht angeht, an die Morgen-

seite zu verlegen. Es ist nothwendig, daß man die Temperatur eines physikalischen Cabinets stets innerhalb gewisser Grenzen erhalten kann, welches wieder nur möglich ist, wenn man die Localitäten im Winter zu beheizen, im Sommer gegen das Eindringen des directen Sonnenlichtes zu schützen im Stande ist. Bei vielen Instrumenten sind Theile mit Harzkitt verbunden, der sich erweicht, wenn er von directem Sonnenlichte getroffen wird, und den Platz verläßt, wo er am nothwendigsten ist. Hölzerne Bestandtheile verlieren im directen Sonnenlichte ihre Politur und trocknen so stark aus, daß sie Sprünge bekommen. Uebrigens wird auch durch eine solche Einwirkung des Sonnenlichtes die Luft im Cabinete während des Tages zu sehr verdünnt, es dringt deshalb Abends viel äußere Luft hinein und führt eine Menge Staub und Sand mit sich, der sich an die Instrumente absetzt und öfteres Abwischen nöthig macht, wodurch wieder die Politur leidet und nicht selten kleine Ritze entstehen. Am besten hält man das directe Sonnenlicht durch leinene Verhänge ab, die doch noch so viel Licht durchlassen, daß man im Arbeiten nicht gehindert wird. Kann man ein Cabinet nicht gegen die Winterkälte schützen, so frieren die wässerigen Flüssigkeiten, die manche Instrumente, z. B. der Wasserhammer, der Kryophor u. a. enthalten, und zerreißen die Gefäße. Metalle ziehen sich sehr stark zusammen und zwar stärker, als die etwa damit verbundenen Glas- oder Holztheile, und zerdrücken letztere; Harzkitte bekommen Risse und fallen weg. Am zweckmäßigsten ist für ein physikalisches Cabinet die Luftheizung, besonders jene Art mit einer besonderen Heizkammer. Da erspart man den Platz für einen Ofen und braucht nur die Heizlöcher, in deren Nähe man ohne Scheu Kästen und selbst Instrumente versetzen kann, während man einen großen Raum um einen Ofen herum unbesetzt lassen muß; man ist im hohen Grade Meister der Temperatur und auch vor Feuersgefahr sicherer als bei einer andern Beheizung. Selbst wo die Localität keine solche Beheizung mit einer eigenen Heizkammer erlaubt, thut man gut, einen M e i ß n e r'schen Mantelofen statt eines gewöhnlichen zu gebrauchen. Das Local, welches zu optischen Versuchen bestimmt ist, muß mit Fensterläden versehen sein, damit man alles äußere Licht abhalten und nur durch eine kleine Oeffnung einen Lichtbüschel hineinleiten kann. In einigen Museen ist dazu ein eigenes Local mit ganz schwarzen Wänden vorhanden. Dieses dürfte wohl unnöthig sein und überdies eine zu starke Erhitzung hervorbringen. Der unsterbliche F r a u n h o f e r hat gewiß die genauesten optischen Versuche angestellt, und doch machte er sie in einem Zimmer mit ganz weißen Wänden. Die innere Einrichtung eines physikalischen Cabinets muß seinem Zwecke: Aufbewahrung, Reinhaltung der Instrumente und Leichtigkeit sie zu brauchen, entsprechen. Instrumente, die nicht zu groß sind, sollen in eigenen Kästen aufbewahrt werden, aus denen man leicht jedes Stück herausnehmen kann und die gut schließen. Delicatere Stücke, z. B. Mikroskope, feine Meßwerkzeuge ꝛc. haben meistens ein eigenes Futteral, in das sie eingepaßt sind. In diesem sollen sie sich auch stets außer der Zeit ihres Dienstes befinden. Derlei Stücke außerhalb ihres eigentlichen Behälters aufzustellen, damit das Ganze besser ins Auge falle, ist eine eitle Schwachheit, für welche die Instrumente büßen müssen. Große Instrumente, die nicht in eigentliche Kästen passen, wie z. B. eine große Luftpumpe, eine Elektrisirmaschine, sollen entweder mittelst großer eigener Glaskästen oder mittelst eines Leinwandüberzuges vor Staub geschützt werden. Nur solche Instrumente, die man fast beständig braucht, müssen stets bei der Hand sein und dürfen nicht in einem Fut-

terale sich befinden. Von der Art sind Handwagen, ein Maßstab, ein Barometer, ein Thermometer &c. Zur Aufstellung dieser dienen eigene Tische und Postamente, an denen es in einem physikalischen Cabinete nicht fehlen darf. Stets soll der Zutritt zu jedem einzelnen Stücke frei sein, damit man nicht nöthig habe, mehrere in die Hand zu nehmen und zu verschieben, um eines herauszubringen. Brennspiegel und Brenngläser sollen nicht nach der Seite gekehrt sein, woher directes Sonnenlicht kommt; Instrumente mit brennbaren Stoffen sollen feuerfeste Stellen einnehmen. Selten kann ein physikalisches Cabinet, es mag zum Unterrichte oder zu Anstellung neuer Versuche und zur Erweiterung der Wissenschaft bestimmt sein, eines kleinen chemischen Laboratoriums entbehren. Ein dazu bestimmtes Local soll nicht unmittelbar an die eigentlich physikalischen Instrumentensäle grenzen, wie schon oben erwähnt wurde, sondern ein eigenes, wenn auch kleines Ganze ausmachen. Bei einem solchen Local ist Trockenheit und directes Sonnenlicht ebenso nothwendig, wie beim physikalischen, weil manche chemische Producte in feuchter Luft zerfließen und mancher Versuch directes Sonnenlicht fordert. Uebrigens ist es unerläßlich, daß es sich in einer Lage befinde, wo die Herbeischaffung einer bedeutenden Wassermenge nicht mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist und sich die Luft leicht erneuern läßt. Ein gemauerter Windofen unter einem eigenen Mantel, der in einen Rauchfang führt, nebst tragbaren gewöhnlichen Oefen und Lampenöfen sind ein großes Bedürfniß. Ein Kasten mit den nöthigen chemischen Präparaten, ein anderer mit Mörsern, Reibschalen und den dazu gehörigen Pistillen, mit Abdampfschalen, Filtrirgläsern und Trichtern, Spateln und Glasstangen, Retorten, Phiolen, Kolben, Vorstößen und Verbindungsröhren, Woulf'schen Flaschen, einem pneumatischen Wasser- und Quecksilberapparat, Glasglocken, Flaschenbehältern, Schmelztiegeln, Muffeln, Destillirapparaten, ein Kohlenbehälter &c. sind unentbehrliche Geräthschaften eines, wenn auch nur supplementären, chemischen Laboratoriums. — Bei vielen physikalischen Versuchen braucht man einige mechanische Handwerkszeuge. Dahin gehören: ein kleiner Schraubstock mit einem Amboß, ein Feilkloben, eine Beißzange, eine Zange mit flachen, eine andere mit runden Backen, Pincetten, Feilen, Bohrer, ein Zieheisen, um Drähte auf einen bestimmten Durchmesser zu bringen, Schraubenzieher &c."

In früherer Zeit betrachtete man einen physikalischen Apparat mehr als eine Curiosität, die Versuche mehr als überraschende Kunststücke; man stellte also jeden einzelnen Apparat mit möglichster Eleganz her und gab ihm eine möglichst kunstreiche und die Erscheinungen, für welche er berechnet war, auf überraschendste Art producirende Einrichtung. In dem eingerichteten Cabinet stellte man die Instrumente zierlich und imponirend auf. Gegenwärtig betrachtet man ein physikalisches Cabinet als die Werkstatt eines Künstlers und die Apparate als Instrumente, deren Werth nicht durch ihr Aeußeres und die Ueberraschungen, welche sie bereiten, sondern durch ihre Brauchbarkeit bestimmt wird. Im Allgemeinen ist aber ein physikalisches Instrument desto brauchbarer, zuverlässiger und geschätzter, je einfacher und solider es ist und je leichter es in seiner Wirksamkeit zu übersehen ist. Man braucht jetzt viel mehr Instrumente als früher zu jeder einzelnen wissenschaftlichen Untersuchung, weil man immer mehr gelernt hat, wie nothwendig es ist, die Erscheinungen als Resultat vieler zusammenwirkender Naturkräfte aufzufassen; darum müssen aber auch diese Instrumente so eingerichtet sein, daß sie sich leichter zu zusammengesetzteren Apparaten für specielle Untersuchungen combiniren lassen. Ich

glaube den Besitzern des phys. Lexikons einen Dienst zu erweisen, wenn ich im Folgenden eine Uebersicht der Preise von den verschiedenartigsten physikalischen (astronomischen und mathematischen) Apparaten mittheile, wie sie einige der ausgezeichnetsten Mechaniker in Deutschland liefern. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß jeder Mechaniker sich besonders in gewissen Fächern auszeichnet. So liefert Herr Emil Stöhrer in Leipzig namentlich ausgezeichnete, zum Theil von ihm selbst erfundene elektromagnetische und magnetoelektrische Apparate; die Werkstatt von Merz, Utzschneider und Fraunhofer ist weltberühmt durch die ausgezeichnetsten optischen Instrumente, welche sie schon seit vielen Jahren geliefert hat; auch Schiek in Berlin liefert ausgezeichnete optische Instrumente, namentlich vortreffliche Mikroskope, und besitzt eine Anstalt zum Schleifen achromatischer Objective; Meyerstein in Göttingen verfertigt alle Arten mathematischer und physikalischer Instrumente; Ertel und Sohn in München stellt vorzugsweise mathematische Instrumente ausgezeichnet her; Poller in Leipzig liefert mit Fleiß gearbeitete mathematische Instrumente zum praktischen Gebrauch, während Leyser in Leipzig namentlich elektrische und magnetische Instrumente mit Sorgfalt und Erfindungsgabe construirt. Außerdem nenne ich als ausgezeichnete Mechaniker in Deutschland noch A. und G. Repsold in Hamburg, die sich in größeren astronomischen und höheren mathematischen Werkzeugen auszeichnen, Pistor und Martin in Berlin, die gute astronomische, mathematische und optische Instrumente liefern, Oertling in Berlin, der sich in mathematischen Instrumenten, namentlich Sextanten zum Gebrauch auf der See auszeichnet und vorzügliche Plan- und Parallelgläser herstellt; Plößl in Wien, bei welchem vortreffliche optische Instrumente, namentlich Mikroskope und mittlere Fernröhre, sowie die ausgezeichnetsten Brillengläser zu bekommen, Kraft in Wien, der besonders gute Feldmeßinstrumente ausführt, Eckeling in Wien, Hoffmann in Leipzig u. a. Ueber die einzelnen ausgezeichneten Instrumente, wie sie in den folgenden Verzeichnissen erwähnt werden, ist auf die betr. Artikel zu verweisen, wo dieselben auch abgebildet sind.

Apparate und Instrumente von Emil Stöhrer in Leipzig.

Statik und Dynamik.

Parallelogramm der Kräfte auf Stativ mit den nöthigen Gewichten	9 Thlr.
Schiebe Ebene mit den nöthigen Gewichten	12 „
Zwei einfache Rollen und zwei dreifache Flaschenzüge an einem Stativ	8 „
Hebel mit Eintheilung und Gewichten zur Erklärung der Gesetze des Hebels	3 „
Handwage (sog. Receptir-Wage) mit Horn- oder Metallschalen	3 „
Wage bis zu 5 Kilogr. Belastung auf Stativ	12 „
Wage mit durchbrochenen Balken, Einrichtung zum Wägen unter Wasser und einem Satz Grammengewicht	20 Thlr.
Feine Wage zu chemischen Zwecken unter Glaskasten mit Gewichten	40 „
Brückenwage als Modell	7 „
Dynamometer oder Federwage mit Zugstangen von Eisen	15 „
Federwage bis zu 20 Pfd.	5 „
Wage für schwere Lasten mit genauer Angabe nach Weber (die Axen sind durch Federn ersetzt, welche eine Belastung von 5 Centnern zulassen)	56 Thlr.

Elasticität.

Compressionspumpe, unten geschlossen, von Glas, zugleich als Feuerzeug	4 Thlr.
Elfenbeinkugel mit geschwärzter Steinplatte (um die Zusammendrückung des Elfenbeins beim Auffallen zu zeigen)	2 Thlr.

Hydrostatik.

Communicirende Röhren von Glas verschiedener Weite und Größe von 10 Ngr.—	$^2/_3$ Thlr.

Nicholson's Gewichtaräometer in Etui 4 Thlr.
Allgemeines Scalenaräometer von Glas, drei Stück in Etui mit Glasgehäuse 5 =
Capillarröhren und Platten in einem System verbunden ½ =

Luftdruck.

Barometer, Glasröhre nebst Gefäß zu Quecksilber zum Selbstfüllen ⅔ Thlr.
Stubenbarometer in verschiedener Form, mehr oder weniger elegant 3—8 =
Heberbarometer mit verschiebbarer Scale, Nonius rc. (Schulapparat) 10 =
Heberbarometer, nach Gay-Lussac, in Metertheilung auf Spiegelglas zum Transport eingerichtet 25 Thlr.
Gefäßbarometer mit elastischem Gefäßboden, in Messingrohr zum Transport 26 =
Mariotte'sches Gesetz, Glasrohr auf einer Scala 3 =
Handluftpumpe mit Ventilen, an den Tisch zu schrauben 12 =
Luftpumpe mit liegendem Cylinder von 11 Zoll Länge, Kurbelbewegung, Hahnsteuerung, Glasteller, Barometer 25 Thlr.
Luftpumpe mit dergl. Cylinder von 22 Zoll Länge und obiger Einrichtung 60 =
Luftpumpe mit zwei dergl. verticalen Cylindern, tischförmig, zwei Glasteller, zwei Barometer 150 Thlr.
Ventil-Luftpumpe mit zwei verticalen Cylindern 60 =
Compressions-Pumpe, 12 Zoll lang, ohne Ventil mit Windkessel 18 =
Compressions-Pumpe mit Seitenventil und Windkessel 24 =
Windbüchse 19 =
Recipient mit Stopfbüchse, nach der Größe von 2½ Zoll 5 =
Halbkugeln von Messing zu 4 und 6 =
Flügelrad im leeren Raume 6 =
Fall der Körper im leeren Raume 6 =
Ausströmen der Elektricität im leeren Raume 5 =
Gefrieren des Wassers im leeren Raume 1⅔ =
Apparat für Flüssigkeiten im leeren Raume 4 =
Glocke mit Hammer 3 =
Glasgefäße für comprimirte Luft 3—8 =
Stechheber von Glas 1 =
Heber verschiedener Form von Glas 10 Ngr.—1 =
Heronsbrunnen von Glas verschiedener Form und Größe 1—3 =
Saugpumpe von Glas als Modell 3 =
Druckpumpe desgl. als Modell 3 =
Feuerspritzen-Modell 26 =
Wassercompressions-Apparat, nach Oersted, mit starkem Glasgefäß und Manometer 18 Thlr.
Hydraulische Presse als Modell 40 =
Luftballons von Goldschlägerhaut, verschiedener Größe von 1—4 =

Bewegung.

Atwood's Fallmaschine (Schulapparat) mit Secundenpendel 30 Thlr.
Dieselbe mit Theilung auf Metall, Selbstauslösung durch das Secundenpendel, welches hörbare Signale giebt, 56 Thlr
Schwungmaschine mit acht verschiedenen Versuchen 30 =
Secundenpendel für halbe und ganze Secunden mit Verlängerung über dem Aufhängepunkte und hörbarem Signal 10 Thlr.
Secundenpendel von natürlicher Länge, Eintheilung und Signal auf Stativ 20 =
Rostpendel als Modell 10 =

Hydrodynamik.

Wassergefäß von Blech mit verschiedenen Aufsätzen und Ausströmungsröhren zu den Versuchen von Segner, Torricelli, Savart und Mariotte 13 Thlr.
Turbine als Modell von Eisenblech 35 =
Hydraulischer Widder, zum Theil von Glas 16 =
Modelle eines oberschlächtigen Wasserrades von Blech 10 =
Modelle eines unterschlächtigen Wasserrades 12 =
Gasometer von lackirtem Zinkblech in zwei Größen zu 8 und 12 =

Akustik.

Monochord mit sechs Saiten	6	Thlr.
Aeolsharfe mit sechs Saiten	3	=
Hörröhre von Metall von verschiedener Form und Größe	3—5	=
Apparat für Schwerhörige, nach Deon, in silberplattirtem galvanischem Kupfer	5	=
Chladni's Klangfiguren-Apparat mit Platten von Holz, Metall und Glas	6	=
Stimmgabeln	à $1/2$	=
Ein Satz Modelle der verschiedenen Pfeifen	4	=
Sirene einfach mit Zählwerk	10	=
Sirene nach Savart	21	=
Trevelyan-Instrument	3	=
Apparat zu den Interferenz-Erscheinungen nach Seebeck	10	=
Holz-Harmonika auf Strohwalzen	5	=
Vier gezähnte Räder, den Accord angebend	6	=
Sprachröhre von Pappe und Blech	3—6	=
Membranen auf Blechröhren gespannt, verschiedener Größe	von $1/2$—2	=
Modelle der Gehörwerkzeuge	5	=

Katoptrik.

Metall-Planspiegel verschiedener Größe	von 4—10	Thlr.
Metallspiegel, concav, convex und cylindrisch in verschiedenen Größen	6—20	=
Stenoskop nebst Figuren	4	=
Glasspiegel, concav und convex	von 2—8	=
Goniometer, nach Wollaston, in Büchse von Messing	19	=
Dasselbe größer auf Stativ	28	=
Spiegelsextant in Ebenholz	30	=
Derselbe in Messing	45	=
Hohlspiegel von 15 Zoll Diameter galv. abgelagert und versilbert oder vergoldet	15	=
Kegel- und Cylinderspiegel mit verzerrten Bildern	4	=

Dioptrik.

Lupen, einfach in Horn- und Elfenbeinfassungen	von 10 Ngr.—1	Thlr.
Lupen mit drei und vier Gläsern in Fassung von Horn	à $1\frac{1}{2}$—2	=
Lupe nach Stanhope	1	=
Lupe mit achromatischer Linse	4	=
Fernröhre, terrestrische, mit messingenen Auszugröhren, achromatischen Objectiven verschiedener Größe	von 6—32	Thlr.
Fernröhre ganz in Messing auf dergl. Stativen mit Schraubenbewegung zu terrestrischem und astronomischem Gebrauch mit zwei Ocularröhren	von 30—200	Thlr.
Feldstecher mit zwei und drei Oculargläsern	von 3—12	=
Fadenzähler, Lupe mit Quadratdurchschnitt, nach einem bestimmten Maße	$1\frac{1}{3}$	=
Sammlung von Glaslinsen und Spiegeln der verschiedenen Formen in Etui	10	=
Glasprismen verschiedener Gestalt und Größe	von 2—3	=
Rechtwinkliges Prisma auf Stativ	5	=
Nichol'sches Prisma, gefaßt	4	=
Künstliches Auge, in Etui	5	=
Prisma von Crown- und Flintglas	5	=
Camera obscura, einfach, in Pappkasten	4	=
Dieselbe mit achromatischem Objectiv zum Zeichnen eingerichtet	24	=
Lichtbilder-Apparat mit Voigtländer'schen Objectiv zu Viertelplatten	40	=
Derselbe zu halben Platten	70	=
Derselbe zu ganzen Platten mit einfachem achrom. Objectiv zu Landschaften	50	=
Camera clara mit Glasprisma	6	=
Dieselbe mit kleinem Planspiegel von Stahl	5	=
Sonnenmikroskop mit einfachen Linsen und Bewegung des Spiegels	20	=
Mikroskope verschiedener Größe	zu 8, 25, 52 und 150	=
Zauberlaterne mit Gläsern von 36 Linien Durchmesser	30	=
Apparat zu den Dissolving views ohne Gasometer	90	=
Polarisatios-Apparat, einfach nach Nörremberg, mit Nichol'schem Prisma ꝛc.	20	=

Magnetismus.

Magnetstab, 2 Fuß lang 4 Thlr.
Dieselben kleiner von 1—3 =
Hufeisenmagnet, 12 Zoll lang 5 =
Derselbe aus fünf Lamellen zusammengesetzt 22 =
Derselbe aus fünf Lamellen 9 Zoll 16 =
Derselbe aus fünf Lamellen 6 Zoll 10 =
Magnetstein mit Armatur 4 =
Stativ zum Auflegen von Stahl=, Eisen= und Messingnadeln, isolirt zu magnetischen und elektrischen Versuchen brauchbar 5 Thlr.
Declinatorium und Inclinatorium, Stativ mit verticalen und horizontalen Gradbogen unter Glasglocke (Schulapparat) 10 Thlr.
Declinationsbussole mit Dioptern auf Stativ 30 =
Inclinationsbussole mit horizontalem und verticalem Kreise auf Stativ 80 =

Elektricität.

Coulomb's Drehwage 16 Thlr.
Wasserstoff=Entzündungs=Apparat als Kanone und Pistol 2 und $^1/_2$ =
Goldblattelektrometer, einfach 1 =
Dasselbe zu genauen Messungen in Glaskasten mit Gradbogen und Diopter 13 =
Elektroskop mit trockner Säule 8 =
Strohhalmelektrometer nach Fechner $2^1/_2$ =
Quadranten=Elektrometer nach Henley 4 =
Elektrophor von Harz, 10 Zoll Durchmesser 3 =
Dasselbe 15 Zoll Durchmesser 5 =
Elektrophor von Papier 4 =
Elektrisirmaschine mit Scheibe von 20 bis 24 Zoll Durchmesser, kugelförmigen Conductoren von Messing 40 Thlr.
Dieselbe mit Cylinder von 12 Zoll wirksamer Länge und entsprechendem Durchmesser 38 Thlr.
Dieselbe mit Scheibe von 36 Zoll Durchmesser 80 =
Isolirschemel 3 =
Allgemeiner Auslader (Henley) $4^1/_2$ =
Auslader für Flaschen und Batterien mit gläsernem Handgriff 3 =
Leidener Flaschen verschiedener Größen von 10 Ngr.—2 =
Dergleichen mit abzunehmender Belegung $^2/_3$ =
Elektrische Spinne mit Flasche 1 =
Flugrad 1 =
Glockenspiel mit drei Glocken 2 =
Blitztafel mit Stanniolbelegung 3 =
Glasballon für Ausströmung in verdünnter Luft 5 =
Kleine Conductoren von Messing, mit Kugeln zu Vertheilungs=Versuchen 2 =
Batterie von sechs großen Flaschen 12 =
Franklin's Tafel 2 =
Flasche mit intermittirender Selbstentladung $1^1/_2$ =
Flasche mit Messung der Schlagweite 2 =
Sogenannte Blitzröhre mit Fuß, 2 Fuß lang $2^1/_2$ =

Galvanismus.

Volta's Fundamental=Experiment. Zamboni'sche Säule mit Goldblatt, Condensatoren, Kupfer= und Zinkplatten 11 Thlr.
Zwei Zamboni'sche Säulen, ein Pendel bewegend unter Glasglocke 10 =
Volta'sche Säule aus Kupfer= und Zinkplatten, 3 Zoll im Quadrat, 50 Paare mit Stativ 12 Thlr.
Trogapparat mit 12 Zellen Kupfer und Zink 8 =
Daniell's constante Batterie in zwei Größen das Element zu $1^1/_2$ und 3 =
Grove's Batterie, das Platin in Kreuzform das Element 5 =
Kohlenbatterie mit eigens zubereiteter Kohle, in 2 Größen, das Element zu 2 u. $2^1/_2$ =
Calorimotor, spiralförmig gewundene Kupfer= und Zinkplatte 3 =

Wasserzersetzungs-Apparat mit großen Elektroden und getheiltem Glasrohr für gemischte Gase 7 Thlr.
Dasselbe für getrennte Gase 6 =
Dasselbe mit gebogenem und getheiltem Glasrohr als Voltameter 6 =
Galvanometer mit 3000 Fuß langer Drahtspirale 19 =
Dasselbe einfach, mit astatischer Nadel 6 =
Tangentenbussole, 1 Fuß Durchmesser des Kupferringes 15 =
Sinusbussole von gleicher Größe mit Horizontalkreis auf Messingstativ 35 =

Elektromagnetismus.

Großer Elektromagnet zu den magnetischen Versuchen 500 Thlr.
Hufeisenförmiger Elektromagnet auf Stativ 12 =
Zwei beweglich aufgestellte Spiralen von starkem Draht zum Magnetisiren von Stahlstäben und Hufeisen jeder Form 40 Thlr.
Derselbe Apparat kleiner 24 =
Zwei beweglich aufgestellte elektromagnetische Stäbe zum Magnetisiren von Stahl jeder Form (eigene Construction) 24 Thlr.
Gyrotrop (ohne Quecksilber) 2 =

Elektromagnetische Bewegungs-Apparate.

Ein Elektromagnet über einen Stahlmagnet an verticaler Welle 12 Thlr.
Zwei Elektromagnete, einer feststehend, der andere rotirend 18 =
Modell aus 12 Stäben zusammengesetzt, mit Zahnrad zum Gewichtheben (eigene Construction) 50 Thlr.
Rotation eines Elektromagnetes in einer Spirale mit Verzahnung, um sowohl Gewichte zu heben, als durch Umdrehung des Magnets in der Spirale Inductionsströme zu erzeugen. (Poggend. Ann. Bd. LXIX.) (Eigene Construction und Erfindung.) 60 Thlr.
Derselbe Apparat größer, mit Elektromagnet in Kreuzform, bis zu 2000 F. Pfd. Kraftäußerung 120 Thlr.
Großer Elektromagnet nebst Zubehör zu den Faraday'schen Entdeckungen des Einflusses des Magnetismus auf Licht und frei aufgehängte Körper 190 Thlr.
Ampère'sches Stativ nebst einigen verschieden gebogenen Drähten, die Wirkungen der Ströme auf einander zu zeigen 8 Thlr.
Rotationen des Stromes um einen Magnet, mit der umgekehrten Erscheinung verbunden 9 Thlr.
Rotation eines Magnetstabes um seine Axe 6 =
Inductions-Rolle aus feinem Draht 3 =
Inductions-Apparat mit zwei Spiralen, in deren Inneres Eisenstäbchen gestellt werden können, mit selbstthätigem Hammerwerk 28 Thlr.

Magnetoelektrische Maschinen eigener Construction.

Große Maschine, aus sechs liegenden Magneten bestehend. Die Magnete liegen je drei einander gegenüber; zwischen denselben rotiren sechs Eisenkerne mit Spiralen aus starkem Draht. Durch Stellung einer Scheibe lassen sich drei, der Intensität nach verschiedene Ströme erzeugen. 320 Thlr.

Hierzu den Wirkungen der Maschine angepaßte Nebenapparate:

Elektromagnet auf Stativ (30 Pfd. Tragkraft) 5 Thlr.
Kohlenlicht-Vorrichtung 3 =
Lämpchen mit entzündlicher Flüssigkeit $1\frac{1}{2}$ =
Voltameter, Wasserzersetzung in getheiltem Glasrohr 6 =
Stroboskopische Scheiben durch elektrisches Licht, allen Zuschauern sichtbar 6 =
Platindraht in Glasrohr aufgespannt $1\frac{1}{2}$ =
Ketten, Conductoren und verschiedene Kupferplatten zu physiologischen Experimenten 3 =
Große Maschine, aus drei vertical gestellten Magneten zusammengesetzt (Poggend. Annalen, Bd. LXI.), mit derselben Stromdeflexions-Vorrichtung und obigen Nebenapparaten in kleinerer Form 155 Thlr.
Maschine mit einem liegenden Magnet aus sieben Lamellen (Schulapparat). Einrichtung zu zwei verschiedenen Strömen und sechs Nebenapparaten 65 Thlr.

Maschine mit liegendem Magnet aus fünf Lamellen, Inductoren aus feinem Draht, zu physiologischen Wirkungen, mit medicinischem Nebenapparat 35 Thlr.
Derselbe Apparat in Kastenform mit medicin. Apparaten für Aerzte 38 =
Kleiner Kastenapparat für Aerzte 25 =

Thermoelektricität.

Thermomultiplicator aus einem starken gebogenen Kupferblech, astatische Nadel unter Glasglocke 10 Thlr.
Thermosäule aus sechs Paaren Wismuth und Antimon 4 =
Thermosäule, groß, aus 60 Paaren in einem Messingrahmen, mit Blechgefäßen für heißen Sand und Eis 24 Thlr.
Thermosäule, klein, empfindlich, nach Nobili, in Messingbüchse auf Stativ 12 =
Thermomultiplicator, nach Nobili, zur Wärmestrahlung 15 =

Wärme.

Thermometer, gewöhnliches auf Holz $\frac{2}{3}$ Thlr.
Dasselbe auf Schiefer 1 =
Dasselbe auf versilbertem Messing $1\frac{1}{6}$ =
Dasselbe mit langer Scala, nach Celsius, Fahrenheit oder Reaumur $2\frac{1}{2}$ =
Dasselbe mit diesen drei Scalen neben einander 3 =
Thermometrograph auf Glas getheilt 5 =
Thermometer auf stehender Glasplatte 3 =
Dasselbe auf Glasplatte vor das Fenster 3 =
Dasselbe in Glasrohr 1—3 =
Metallthermometer aus Stahl- und Zinkstab mit Maximum und Minimum 8 =
Metallthermometer in Taschenuhrform 9 =
Breguet's Thermometer 15 =
Pyrometer, Eisenstab durch Alkoholflamme ausgedehnt, mit Zeigerwerk 6 =
Kugel von Messing, durch einen Ring passend 2 =
Differential-Thermometer 3 =
Zwei Hohlspiegel von abgelagertem, versilbertem Kupfer 15 =
Hohler Metallwürfel mit verschiedenen Oberflächen zur Wärmestrahlung $2\frac{1}{2}$ =
Wärmeleitungs-Fähigkeit verschiedener Körper 3 =
Fortpflanzung der Wärme in einem Metallstabe 6 =
Calorimeter nach Laplace 18 =
Dampfcylinder von Glas mit Kolben $2\frac{1}{2}$ =

Dampfmaschinen-Modelle.

Hochdruck-Dampfmaschine, einfach ohne Condensator mit Schubventil und Alkoholheizung 50 Thlr.
Dieselbe größer, mit Kohlenheizung 180 =
Niederdruck-Dampfmaschine mit Condensator und Kohlenheizung 200 =
Modell einer einfachen Locomotive 152 =
Papin'scher Topf, Dampfkessel mit Alkoholheizung, Sicherheitsventil, Thermometer, Manometer 24 Thlr.
Durchschnitts-Modell eines Dampfcylinders in Holz gearbeitet 6 =

Meteorologie.

Hygrometer mit Fischbeinstreifen 8 Thlr.
Dasselbe mit Haar 6 =
Dasselbe, nach Leslie, mit Federpose 4 =
Dasselbe nach Daniell 5 =
Anemometer, Flügelvorrichtung mit Zählwerk 15 =
Regenmenge-Messer mit Zählwerk 12 =
Barometer und Thermometer, s. oben.

Instrumente des optischen Instituts von Merz, Utzschneider u. Fraunhofer in München.

Alle in diesem Verzeichnisse angesetzten Dimensionen sind im zwölftheiligen Pariser Maße und die Preise, franco München, ohne Emballage in Gulden und Kreuzern im 24 fl. Fuß zu verstehen. Die zu den Fernröhren gehörigen Objective sind alle achromatisch.

Große Refractoren und Heliometer, welche parallaktisch aufgestellt vermittelst einer Uhr mit Centrifugalpendel der täglichen Bewegung der Erde folgen, alle nöthigen groben und feinen Bewegungen haben und in jeder Lage vollkommen balancirt sind.

1. Größter Refractor von 14 Zoll Oeffnung, 21 Fuß Brennweite, mit einem Stundenkreise von 17 Zoll Durchmesser von Secunde zu Secunde in Zeit, und einem Declinationskreise von 24 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden durch die Verniers auf silbernem Limbus getheilt, sechs gewöhnlichen astronomischen Ocularen von 140, 226, 336, 504, 756 und 1200 maliger Vergrößerung nebst einem repetirenden Lampenmikrometer mit neun besonderen Ocularen von 148 bis 2000 maliger Vergrößerung, zwei Ringmikrometer und zwei Sonnengläsern. Der dabei befindliche Sucher hat 34 Linien Oeffnung und 42 Zoll Brennweite*) 42000 fl.
2. Großer Refractor von 12 Zoll Oeffnung und $17^1/_2$ Fuß Brennweite mit sechs astronomischen Ocularen zu 116, 188, 280, 630 und 1000 maliger Vergrößerung und neun Mikrometerocularen von 124 bis 1600 maliger Vergrößerung. In allen übrigen Theilen wie der vorher benannte 30000 fl.
3. Großer Refractor von $10^1/_2$ Zoll Oeffnung, 15 Fuß Brennweite, einem Stundenkreise von 15 Zoll Durchmesser von 2 zu 2 Secunden in Zeit und einem Declinationskreise von 24 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden getheilt, mit den astronomischen Ocularen von 160, 240, 360, 540 und 856, den acht Mikrometerocularen von 100 bis 1200 maliger Vergrößerung und dem Sucher von 29 Linien Oeffnung und 30 Zoll Brennweite**) 22000 fl.
4. Großer Refractor von 9 Zoll Oeffnung, $13^1/_3$ Fuß Brennweite, einem Stundenkreise von 14 Zoll Durchmesser von 2 zu 2 Secunden in Zeit und einem Declinationskreise von 20 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden getheilt. Im Uebrigen außer den Vergrößerungen der astronomischen Oculare zu 142, 212, 320, 480 und 760 mal und denen der acht Mikrometeroculare von 94 bis 1000 mal wie Nr. 3***) 15000 fl.
5. Refractor von 7 Zoll Oeffnung, 9 Fuß 8 Zoll Brennweite, einem Secundenkreise von $9^1/_2$ Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden in Zeit und einem Declinationskreise von 15 Zoll Durchmesser von 10 zu 10 Secunden getheilt. Die Vergrößerungen der astronomischen Oculare sind 102, 146, 232, 348 und 550, die der sechs Mikrometeroculare gehen von 100 bis 580 mal, zugleich findet sich hierbei nur ein Ringmikrometer und ein Sucher von 21 Linien Oeffnung und 20 Zoll Brennweite 8000 fl.
6. Refractor von 6 Zoll Oeffnung, 8 Fuß Brennweite, einem Stundenkreise von 9 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden in Zeit, und einem Declinationskreise von 12 Zoll Durchmesser von 10 zu 10 Secunden getheilt, fünf astronomischen Ocularen von 85, 127, 192, 288 und 456 maliger Vergrößerung, und fünf Mikrometerocularen, deren Vergrößerung von 128 bis 480 mal geht. Im übrigen gleich Nr. 5, außer daß der Sucher 19 Linien Oeffnung hat†) 4800 fl.
7. Großer Heliometer von 7 Zoll Oeffnung, $9^2/_3$ Fuß Brennweite, einem Stunden- und Declinationskreis, gleich dem von Nr. 4, fünf astronomischen Ocularen von 55, 110, 140, 220 und 357 maliger Vergrößerung, und einem Sucher ††) 15000 fl.
8. Großer Heliometer von 6 Zoll Oeffnung, 8 Fuß Brennweite, im Uebrigen wie der

---

*) Derartige Instrumente sind namentlich nach Petersburg und Boston geliefert worden. Nach einem Bericht an die Astronomical Society in London hat das Boston'sche Instrument Resultate gegeben, welche das viermal größere Rosse'sche Spiegelteleskop übertreffen.

**) Solche Instrumente befinden sich auf der königl. Sternwarte in Bogenhausen bei München und in Cincinnati.

***) Instrumente dieser Art sind in Dorpat, Berlin, Kasan, Kiew, Washington.

†) Mehrere Sternwarten Europa's haben dieses Instrument; auf Herschel's Bestellung wurde es für das Cap der guten Hoffnung geliefert.

††) In Petersburg.

vorhergehende, nur besitzen die fünf astronomischen Oculare 45, 94, 119, 185 und 300 malige Vergrößerung*) 12600 fl.

Refractoren und **Heliometer,** wie die obigen parallaktisch aufgestellt, mit allen nöthigen groben und feinen Bewegungen, aber ohne Uhrwerk.

9. Refractor von 52 Linien Oeffnung, 6 Fuß Brennweite, mit Stunden- und Declinationskreis, ersterer im Durchmesser 8 Zoll von 4 zu 4 Secunden in Zeit, letzterer im Durchmesser 10 Zoll von 10 zu 10 Secunden, durch die Verniers auf silbernem Limbus getheilt. Das Fernrohr hat einen Sucher, ein irdisches Ocular von 82 und fünf astronomische von 64, 96, 144, 216 und 324 maliger Vergrößerung, außerdem ein Kreismikrometer und zwei Sonnengläser 2200 fl.
10. Refractor von 48 Linien Oeffnung und 60 Zoll Brennweite. Außer der 66 maligen Vergrößerung eines irdischen Oculares und den Vergrößerungen der fünf astronomischen Oculare zu 54. 80, 120, 180 und 270 mal wie Nr. 9 2000 fl.
11. Kleiner Refractor von 43 Linien Oeffnung, 54 Zoll Brennweite, auf messingener Säule mit drei Füßen und Libelle, mit Stunden- und Declinationskreis von 7 Zoll Durchmesser; ersterer giebt 4 Secunden in Zeit an, letzterer ist von 30 zu 30 Secunden im Bogen getheilt. Das Fernrohr hat einen Suchrr, ein irdisches Ocular von 90, fünf astronomische von 48, 72, 108, 162 und 243 maliger Vergrößerung, ein Kreismikrometer und zwei Sonnengläser 1500 fl.
12. Kleiner Refractor von 37 Linien Oeffnung, 48 Zoll Brennweite. Der Durchmesser des Stunden- und des Declinationskreises hält 4,6 Zoll und ersterer ist von 4 zu 4 Secunden in Zeit, letzterer von Minute zu Minute getheilt. Die Vergrößerung des irdischen Oculares ist 80 und die der vier astronomischen 64, 96, 144 und 216 mal; dabei ein Sonnenglas 900 fl.
13. Kleiner Refractor von 34 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, übrigens wie der vorhergehende, nur ist die Vergrößerung des irdischen Oculares 70 und die der astronomischen 54, 84 und 126 mal 750 fl.
14. Heliometer von 34 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, mit Stunden- und Declinationskreis von 7 Zoll im Durchmesser, ersterer von 4 zu 4 Secunden in Zeit, letzterer von 30 zu 30 Secunden im Bogen getheilt. Das Fernrohr besitzt vier astronomische Oculare von 41, 52, 81 und 131 maliger Vergrößerung 2000 fl.

Zu den Nummern 9 und 10 wird auch auf Verlangen eine Uhr, wie sie die Nr. 1—8 besitzen, für den Preis von 500 fl. gefertigt.

Auch können Nr. 11, 12 und 13 auf Verlangen mit innerhalb der Grenzen von 20 Graden liegender Polhöhen-Veränderung um die Preiserhöhung von 50 fl. gemacht werden.

Kometensucher.

15. Kometensucher von 43 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, mit parallaktischer Aufstellung von gleichen Dimensionen wie Nr. 12, mit vier astronomischen Ocularen von 12, 18, 27 und 40 maliger Vergrößerung. Das Feld hat 5 Grade. 700 fl.
16. Kometensucher von 34 Linien Oeffnung, 24 Zoll Brennweite, auf messingener Säule parallaktisch aufgestellt, die Durchmesser des Stunden- und Declinationskreises 3,6 Zoll haltend und beide Kreise von 5 zu 5 Minuten unmittelbar getheilt. Die Vergrößerungen der Oculare sind 10 und 15 mal und das Feld hat 6 Grade. 490 fl.
17. Kometensucher von gleichen Dimensionen als der vorhergehende, nur ohne alle Aufstellung und von 10 maliger Vergrößerung, 88 fl.

Eine 15 malige Vergrößerung hierzu 11 fl.

Was von Nr. 11, 12 und 13 in obiger Anmerkung gesagt wurde, gilt auch von den Nrn. 15 und 16.

Tuben mit Pyramidalstativ, unmittelbar am Boden stehend, mit den nöthigen feinen Bewegungen:

18. Tubus von 52 Linien Oeffnung, 6 Fuß Brennweite, mit Horizontal-Kreis und Höhen-Grad-Bogen, durch die Verniers von Minute zu Minute getheilt, zwei irdischen Ocularen

*) Ist nach Königsberg und Bonn gekommen.

von 82 und 120, und fünf astronomischen von 64, 96, 144, 216 und 324 maliger Vergrößerung, einem Kreismikrometer, zwei Sonnengläsern und Sucher 1500 fl.

19. Tubus von 48 Linien Oeffnung, 60 Zoll Brennweite, mit einem irdischen Oculare von 66 und fünf astronomischen von 54, 80, 120, 180 und 270 maliger Vergrößerung, sonst wie der vorige 1250 fl.

20. Tubus von 43 Linien Oeffnung, 60 Zoll Brennweite, auf messingener Säule und drei Füßen, mit feiner Vertical-Bewegung, einem irdischen Ocular von 66 und fünf astronomischen von 54, 80, 120, 180 und 270 maliger Vergrößerung, einem Kreismikrometer, Sucher und zwei Sonnengläsern 870 fl.

21. Tubus von 37 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, auf messingener Säule und Füßen, mit feiner Verticalbewegung, zwei irdischen Ocularen von 50 und 70 und vier astronomischen von 54, 84, 126 und 189 maliger Vergrößerung und einem Sonnenglas. Das Ganze in einem polirten Kasten 500 fl.

Obige zwei unter Nr. 18 und 19 bemerkte Tuben können auf Verlangen auch mit einfacheren Stativen ohne Eintheilung verfertigt werden, so daß dann der Preis von Nr. 18 1200 fl., von Nr. 19 aber 1000 fl. sein wird.

Tuben, tragbare mit messingener Säule auf drei Füßen, mit feiner Verticalbewegung:

22. Tubus von 43 Linien Oeffnung, 54 Zoll Brennweite, mit zwei irdischen Ocularen von 60 und 90 und fünf astronomischen von 48, 72, 108, 162 und 243 maliger Vergrößerung, zwei Sonnengläsern und Sucher 692 fl.

23. Tubus von 37 Linien Oeffnung, 48 Zoll Brennweite, mit zwei irdischen Ocularen von 57 und 80 und vier astronomischen von 64, 96, 144 und 216 maliger Vergrößerung und Sonnenglas 422 fl.

24. Tubus von 34 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, mit zwei irdischen Ocularen von 50 und 70 und drei astronomischen von 54, 84 und 126 maliger Vergrößerung und Sonnenglas 330 fl.

25. Tubus von 29 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, mit einem irdischen Ocular von 42 und zwei astronomischen von 60 und 90 maliger Vergrößerung. Das Fernrohr hat messingene Röhre. 220 fl.

26. Tubus gleich dem vorhergehenden mit Ausnahme einer feinen Verticalbewegung 190 fl.

27. Tubus von 21 Linien Oeffnung, 20 Zoll Brennweite, mit einem irdischen Ocular von 32 und zwei astronomischen von 40 und 60 maliger Vergrößerung. Im Uebrigen gleich Nr. 26. 117 fl.

Tuben ohne Stativ, mit Röhren von Mahagony, in Kästen von Fichtenholz:

28. Tubus von 34 Linien Oeffnung, 48 Zoll Brennweite, mit einem irdischen Ocular von 62 und drei astronomischen von 64, 96 und 144 maliger Vergrößerung und Sonnenglas 197 fl.

29. Tubus von 32,5 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, mit einem irdischen Ocular von 55 und zwei astronomischen von 84 und 126 maliger Vergrößerung nebst Sonnenglas 160 fl.

30. Tubus von 27 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, mit einem irdischen Ocular von 40 und zwei astronomischen von 60 und 90 maliger Vergrößerung und Sonnenglas 94 fl.

See- und Marinefernröhre mit Röhren von Mahagony, die zwei ersten in fichtenen Kästen, die andern in Papp-Etuis:

31. Seefernrohr von 29,5 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, 55 maliger Vergrößerung 97 fl.

32. Seefernrohr von 25,5 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, 40 maliger Vergrößerung 68 fl.

33. Seefernrohr von 21 Linien Oeffnung, 24 Zoll Brennweite, 39 maliger Vergrößerung 54 fl.

34. Seefernrohr von 19 Linien Oeffnung, 20 Zoll Brennweite, 32 maliger Vergrößerung 38 fl.

35. Seefernrohr von 15,5 Linien Oeffnung, 16 Zoll Brennweite, 26 maliger Vergrößerung 31 fl.

36. Marinefernrohr von 15,5 Linien Oeffnung, 16 Zoll Brennweite 54 fl.

37. Marinefernrohr, wie das vorhergehende, aber mit verstellbarem Ocular, um die Vergrößerung zu verändern 57 fl.

Zugfernröhre mit hölzerner Röhre und messingenen Auszügen, die ganze Länge um einige Zoll größer als die Brennweite, sämmtlich in Etuis von Maroquin:

38. Zugfernrohr von 34 Linien Oeffnung, 42 Zoll Brennweite, verstellbarem Ocular von 55—80 maliger Vergrößerung und fünf Auszugröhren 196 fl.
39. Zugfernrohr von 29 Linien Oeffnung, 30 Zoll Brennweite, 48 maliger Vergrößerung und fünf Auszugröhren 134 fl.
40. Zugfernrohr von 24 Linien Oeffnung, 24 Zoll Brennweite, 39 maliger Vergrößerung und vier Auszugröhren 80 fl.
41. Zugfernrohr von 21 Linien Oeffnung, 20 Zoll Brennweite, 32 maliger Vergrößerung und vier Auszugröhren 60 fl.
42 Zugfernrohr von 19 Linien Oeffnung, 20 Zoll Brennweite, 28 maliger Vergrößerung und drei Auszugröhren 45 fl.
43. Zugfernrohr von 15,5 Linien Oeffnung, 16 Zoll Brennwrite, 26 maliger Vergrößerung und drei Auszugröhren 34 fl.
44. Zugfernrohr von 13 Linien Oeffnung, 13 Zoll Brennweite, 18 maliger Vergrößerung und drei Auszugröhren 26 fl.

Mikroskope, zusammengesetzte in polirten Kästen, und **Lupen;** bei jenen sind die Linsen durchgehends aplanatisch; daher können durch die verschiedenen Combinationen der Objective diejenigen Vergrößerungen hervorgebracht werden, welche zwischen der angegebenen schwächsten und stärksten Vergrößerung liegen:

45. Prismatisches und pankratisches Mikroskop, wobei der Tubus in verticaler und horizontaler Richtung zu gebrauchen ist, mit unabhängiger feiner Bewegung des Tubus und des Objectentisches, prismatischem Beleuchtungsapparate, einem Schraubenmikrometer, um die Durchmesser der Gegenstände in irgend einem bestimmten Maße auf 0,00001 Zoll genau messen zu können, sechs achromatischen Objectiven, zwei gewöhnlichen, zwei Mikrometer-Ocularen, einem ferneren mit dem Zeichnungsprisma und zwei neu construirten achromatischen Hohlgläsern. Außerdem noch Apparate zu chemischen Untersuchungen, ein Lieberkühn'sches Spiegelchen ꝛc. Die schwächste Linear-Vergrößerung ist 12, die stärkste 2400 mal. 700 fl.
46. Prismatisches Mikroskop, gleich dem obigen vertical und horizontal zu gebrauchen, mit feiner Bewegung, gewöhnlicher Spiegelbeleuchtung, fünf achromatischen Objectiven, drei verschiedenen Ocularen zum gewöhnlichen Gebrauche und einem Oculare mit dem Zeichnungsprisma, Glasmikrometer ꝛc. Die schwächste Linear-Vergrößerung ist 12, die stärkste 1100 mal. 300 fl.
47. Mikroskop mit gewöhnlicher Spiegelbeleuchtung, zugehörigem Apparate, vier achromatischen Objectiven und zwei Ocularen. Die schwächste Linear-Vergrößerung ist 20, die stärkste 240. 136 fl.
48. Reise-Mikroskop für Naturforscher mit gewöhnlicher Spiegelbeleuchtung, zwei achromatischen Objectiven und einem pankratischen Ocular. Die schwächste Linear-Vergrößerung ist 90, die stärkste 300. 77 fl.
49. Reise-Mikroskop mit zwei achromatischen Objectiven, Spiegel, Stiellupe, Schieber ꝛc., Alles in einer messingenen Hülse 52 fl.
50. Zusammengesetzte Lupen in messingener Röhre gefaßt von 5, 12, 17, 24 und 32 maliger Vergrößerung, jede 5 fl.
51. Einfache Lupen in messingenen Ring gefaßt 2½ fl.
52. Einfache Lupen in messingenes Röhrchen gefaßt 1⅘ fl.

Verschiedene Gegenstände.

53. Camera lucida, mit Fassung zum Anschrauben am Tisch, mit vier Augengläsern für Kurz- und Weitsichtige 40 fl.
54. Camera lucida, wie die vorhergehende Nr. 53, mit zwei Augengläsern 33 fl.
55. Heliostat mit Uhrwerk, Stunden- und Declinationsbogen ꝛc. 450 fl.
56. Apparat zur Beobachtung der physisch-optischen Experimente in Bezug auf die Entdeckungen Fraunhofer's über Brechung, Farbenzerstreuung, Beugung des Lichtes, Hervorbringung der Farbenspectra ꝛc. 350 fl.
57. Zwei Heliotrope zum Behuf geodätischer Messungen 600 fl.
58. Licht-Polarisirungs-Apparat 77 fl.

59. Kreis=Mikrometer
a) mit doppeltem Stahlringe 37 fl.
b) mit einfachem Stahlringe 23 fl.

60. Achromatische Objective.

Freie	Oeffnung	von	12 Linien	14 fl.		Freie	Oeffnung	von	30 Linien	100 fl.	
„	„	„	14 „	18 „		„	„	„	33 „	132 „	
„	„	„	16 „	22 „		„	„	„	36 „	172 „	
„	„	„	18 „	26 „		„	„	„	39 „	212 „	
„	„	„	21 „	33 „		„	„	„	42 „	278 „	
„	„	„	24 „	50 „		„	„	„	45 „	336 „	
„	„	„	27 „	74 „		„	„	„	48 „	400 „	

Mikroskope von Friedrich Wilhelm Schiek in Berlin.

A. **Großes zusammengesetztes Mikroskop** auf messingenem zusammenzulegendem Dreifuße. Dasselbe befindet sich an einer Säule mit Charnier, um es auch in horizontaler Lage gebrauchen zu können, und hat eine doppelte Bewegung, nämlich: außer der Bewegung des Körpers durch Zahn und Trieb gegen den Objecttisch läßt sich der letztere auch durch eine, unter demselben befindliche Mikrometerschraube sehr fein gegen den Körper bewegen. Ferner ist durch einen an der linken Seite angebrachten Hebel die Einrichtung getroffen, daß man die Diaphragmen, welche in die Mittelöffnung des Tisches eingesetzt werden, auf und nieder bewegen kann, um dadurch das Licht zur Beleuchtung des Objects zu reguliren und so alle falsche Lichtstrahlen abzuhalten. — Es enthält, außer dem Gestelle, neun aplanatische, in drei Systeme geordnete Objectivlinsen, vier einfache und ein aplanatisches Ocular, ein Schraubenmikrometer, eine große Linse zur Beleuchtung opaker Objecte von oben, ein mikroskopisches Compressorium, ein Insectenglas, eine bewegliche Pincette, eine Handpincette, zwei Objectenschieber mit acht Probe=Objecten, ein Dutzend lange und ein halbes Dutzend runde Objectenträger von Glas und eine achromatische Lupe. Alles zusammen in einem verschließbaren Mahagoni=Kasten und im Preise von 200 Thlr.

Die Linear=Vergrößerung desselben geht von 15 bis 1000 Mal. Nimmt man vom stärksten Ocular die Collectivlinse hinweg, so wird die Linear=Vergrößerung — jedoch auf Kosten des Lichtes — bis über 2000 Mal gesteigert.

B. **Mittleres zusammengesetztes Mikroskop** auf messingenem zusammenzulegendem Dreifuße. Dasselbe befindet sich gleichfalls an einer Säule mit Charnier, um es auch in horizontaler Lage gebrauchen zu können, und der Körper desselben wird durch Zahn und Trieb gegen den feststehenden Objecttisch bewegt, welcher in Hinsicht der Diaphragmen dieselbe Einrichtung hat wie vorstehendes großes Mikroskop. Es enthält, außer dem Gestelle, sechs aplanatische Objectivlinsen, ein aplanatisches und drei einfache Oculare, eine große Linse zur Beleuchtung opaker Objecte von oben, eine bewegliche Pincette, eine Handpincette, zwei Objectenschieber mit acht Probe=Objecten, ein Dutzend lange Objectenträger von Glas und eine Lupe. Alles in einem verschließbaren Mahagoni=Kasten und im Preise von 110 Thlr.

Die Linear=Vergrößerung desselben geht von 18 bis 800 Mal. — Wird zu diesem Instrument noch ein Schraubenmikrometer verlangt, so erhöht dies den Preis um 30 Thlr., mithin bis auf 140 Thlr.

C. **Ein Mikroskop mittlerer Größe, nach Oberhäuser construirt.** An diesem ist der messingene Fuß trommelförmig und die gröbere Bewegung wird durch Zahn und Trieb, die feinere aber durch eine äußerst subtile Schraube, welche sich am hintern Theile des Instruments befindet, bewerkstelligt. — Es enthält, außer dem Gestelle, neun aplanatische Objectivlinsen in drei Systeme geordnet, drei einfache und ein aplanatisches Ocular, ein bewegliches Objecttischchen, welches zugleich als Schraubenmikrometer benutzt werden kann, jedoch nicht ganz so vollkommen ist, wie das bei dem Instrumente sub A, eine große Linse zur Beleuchtung opaker Objecte von oben, eine bewegliche Pincette, eine Handpincette, ein Insectenglas, zwei Objectenschieber mit acht Probe=Objecten, ein Dutzend lange und ein halbes Dutzend runde Objectenträger von Glas und eine Lupe. Alles in einem verschließbaren Mahagoni=Kasten und im Preise von 130 Thlr.

Die Linear=Vergrößerung desselben geht von 18 bis 800 Mal.

D. **Kleineres zusammengesetztes Mikroskop** auf messingenem zusammenzulegendem Dreifuße. Der Körper desselben wird ebenfalls durch Zahn und Trieb gegen den feststehenden Objecttisch bewegt und enthält, außer dem Gestelle, sechs aplanatische Objectiv=

linsen, ein aplanatisches und drei einfache Oculare, eine Beleuchtungslinse für opake Objecte, ein Insectenglas, eine bewegliche Pincette, eine Handpincette, zwei Objectenschieber mit acht Probe-Objecten, ein halbes Dutzend lange Objectenträger von Glas und eine Lupe. Unter dem Objecttische befindet sich eine schwarze Blendscheibe mit drei verschiedenen Löchern. Außerdem kann bei dem stärksten Linsensystem das mitgegebene Diaphragma in das runde Loch des Tisches zu Absperrung falscher Lichtstrahlen eingesetzt werden; dasselbe muß jedoch bei schwächern Vergrößerungen wieder entfernt werden, da es bei diesen nicht anzuwenden ist. Alles in einem verschließbaren Mahagoni-Kästchen und im Preise von 80 Thlr.

Die Linear-Vergrößerung desselben geht von 15 bis 700 Mal.

E. **Kleinstes zusammengesetztes Mikroskop**, dessen gröbere Bewegung aus freier Hand, die feinere aber durch eine Schraube am Objecttisch bewerkstelligt wird. Es enthält, außer dem Gestelle, vier aplanatische Objectivlinsen, zwei Oculare, eine Handpincette und sechs Objectenträger von Glas; zusammen in einem verschließbaren Mahagoni-Kästchen und im Preise von 40 Thlr.

Die Linear-Vergrößerung geht von 40 bis 500 Mal.

F. **Einfaches Mikroskop.** Dasselbe befindet sich ebenfalls in einem Mahagoni-Kästchen und enthält drei achromatische Objectivlinsen, welche zusammen eine 30malige Linear-Vergrößerung geben, im Preise von 20 Thlr.

G. Einzelne Gegenstände.

Ein Schraubenmikrometer 30 Thlr.
Ein bewegliches Tischchen 10 „
Ein Compressorium 6 „
Ein aplanatischer Ocular 7 „
Ein einfaches Ocular 5 „
Ein zusammengesetztes System von drei achromatischen Objectivlinsen, schwache Vergrößerung 12 Thlr.
Desgleichen, starke Vergrößerung 18 „
Ein Dutzend Objectenträger von geschliffenem Spiegelglas 1 „
Ein Dutzend dünngeschliffene Deckgläschen 12 Sgr.
Achromatische Lupen in Elfenbeinfassung und von 6- und 10maliger Vergrößerung. Beide Arten im Preise gleich, à Stück 4 Thlr.
Lupen auf einem Stativ, je nachdem die Gläser einfach oder achromatisch sind 8—12 „

Apparate und Instrumente von M. Meyerstein, Universitäts-Instrumenten- und Maschinen-Inspector in Göttingen.

Astronomie und Geodäsie.

1. **Meridiankreis**, transportabler. Der Radius des silbernen Limbus ist 225mm. Die Theilung ist direct in 5 Minuten und vermittelst der Nonien in 4 Secunden. Das Stativ des Kreises wird durch einen Azimuthalkreis mit Alhidade von 110mm Radius gebildet, auf welcher die Träger der Fernrohr-Axe befestigt sind. Die mit dem Azimuthalkreise in einem Stücke gegossenen Füße sind mit Stellschrauben versehen und dienen zum Nivelliren. Das Fernrohr hat 54mm Oeffnung und 650mm Brennweite. Zu dem Instrumente gehören zwei Libellen, ein prismatisches und zwei astronomische Oculare, nebst einen Sonnenglase. 972 Thlr.
2. **Passageninstrument** mit einem Fernrohre von 108mm Oeffnung und 1950mm Brennweite; drei astronomische Oculare und ein Sonnenglas. Die Beleuchtung der Fäden geschieht durch die Axe. 1000 Thlr.
3. **Passageninstrument** mit einem Fernrohre von 74mm Oeffnung und 975mm Brennweite; zwei Oculare und ein Sonnenglas 420 Thlr.
4. **Passageninstrument**, transportables. Ein Fernrohr von 50mm Oeffnung und 650mm Brennweite, zwei Oculare und ein Sonnenglas. Die Träger der Fernrohr-Axe sind auf der Alhidade eines Azimuthalkreises von 170mm Radius angebracht, an welchem die Füße mit den zum Nivelliren nöthigen Stellschrauben befestigt sind. Der Verticalkreis hat 90mm Radius. Die Beleuchtung der Fäden geschieht ebenfalls durch die Axe. 376 Thlr.
5. **Kleines Passageninstrument.** Einrichtung und Construction wie bei Nr. 4, Azimuthalkreis von 110mm, Verticalkreis von 70mm Radius. Das Fernrohr hat 40mm Oeffnung und 470mm Brennweite. 200 Thlr.

6. Aequatorial. Das Fernrohr hat 47mm Oeffnung und 540mm Brennweite. Der Stundenkreis hat 130mm und der Declinationskreis 170mm Radius. Die Ablesung mittelst der Nonien geht am ersteren Kreise auf 4 Zeitsecunden, am letzteren auf 4 Secunden im Bogen. 520 Thlr.
7. Repetirender Verticalkreis. Verticalkreis von 170mm, Azimuthalkreis von 90mm Radius. Die Ablesung am ersteren geht auf 4 Secunden, am letzteren auf 10 Secunden. Fernrohr von 47mm Oeffnung und 540mm Brennweite. 500 Thlr.
8. Repetirender Verticalkreis. Verticalkreis von 110mm, Azimuthalkreis von 75mm Radius. Die Ablesung am ersteren geht auf 10 Secunden, die am letzteren auf 20 Secunden. Fernrohr von 36mm Oeffnung und 450mm Brennweite. 250 Thlr.
9. Universalinstrument. Azimuthalkreis von 170mm Radius. Die Theilung des silbernen Limbus geht auf 5 Minuten, die Ablesung mittelst der vier Nonien auf 4 Secunden; Verticalkreis von 120mm Radius. Die Theilung des silbernen Limbus geht auf 10 Secunden. Die eine Hälfte der Horizontal-Axe bildet das Ocularstück des Fernrohrs zur Erzielung gleicher Bequemlichkeit für alle Zenithdistanzen. Das Fernrohr hat 47mm Oeffnung und 540mm Brennweite, zwei Oculare und ein Sonnenglas. 700 Thlr.
10. Universalinstrument. Einrichtung und Construction wie Nr. 9. Azimuthalkreis von 110mm, Verticalkreis von 75mm Radius. Die Theilung des silbernen Limbus des erstern geht auf 10 Secunden, die des letztern auf 20 Secunden. Das Fernrohr hat 36mm Oeffnung und 430mm Brennweite. 428 Thlr.
11. Repetitions-Theodolit. Azimuthalkreis von 170mm Radius. Die Theilung des silbernen Limbus geht auf 5 Minuten, die Ablesung mittelst der Nonien auf 4 Secunden. Verticalkreis von 125mm Radius; die Ablesung an demselben mittelst der Nonien 10 Secunden. Die Oeffnung des Fernrohrs an der Horizontal-Axe, sowie die des Versicherungsfernrohrs 47mm, die Brennweite 540. 340 Thlr.
12. Theodolit ohne Repetition und ohne Versicherungsfernrohr, Dimensionen, Theilung und Fernrohr wie Nr. 11 280 Thlr.
13. Repetitions-Theodolit. Azimuthal- und Verticalkreis von 110mm Radius. Die Theilung des silbernen Limbus ist bei beiden Kreisen in 10 Minuten und mittelst der vier Nonien in 10 Secunden. Das Fernrohr ist an dem einen Ende und der Verticalkreis an dem anderen Ende der Horizontal-Axe und gewährt in allen Zenithdistanzen gleiche Bequemlichkeit. Ein zweites Fernrohr mit Axe läßt sich gegen das erstere mit dem Kreise vertauschen, wodurch das Instrument für die Messungen azimuthaler Winkel einfacher und bequemer wird. Oeffnung der Fernröhre 36mm, Brennweite 430mm; ein prismatisches und astronomisches Ocular mit einem Sonnenglase. 360 Thlr.
14. Repetitions-Theodolit. Der Radius des silbernen Limbus des Azimuthalkreises ist 110mm, die Theilung direct in 10 Minuten und mittelst der vier Nonien in 10 Secunden. Der an der Horizontal-Axe befindliche Verticalkreis hat 80mm Radius und ist durch die Nonien in 20 Secunden getheilt. Oeffnung beider Fernröhre des Hauptrohrs an der Horizontal-Axe und des Versicherungsrohres 36mm, Brennweite 430mm. 250 Thlr.
15. Theodolit ohne Repetition und ohne Versicherungsrohr; die Dimensionen und Theilung wie Nr. 14 150 Thlr.
16. Astronomischer Theodolit. Radius des Kreises 110mm, die Theilung des silbernen Limbus ist mittelst der Nonien in 10 Secunden. Mit diesem Instrumente können auch sowohl Azimuthal- als auch Vertical-Winkel repetirend gemessen werden. Oeffnung des Fernrohrs 36mm, Brennweite 430mm. 380 Thlr.
17. Repetitions-Theodolit. Radius des silbernen Limbus 85mm; die Theilung des Azimuthalkreises ist mittelst der Nonien in 10 Secunden, die des Verticalkreises in 20 Secunden. Oeffnung des Fernrohrs 25mm, Brennweite 250mm. 160 Thlr.
18. Repetitions-Theodolit. Radius des silbernen Limbus des Azimuthalkreises 55mm, des Verticalkreises 70mm. Die Ablesung am ersteren ist mittelst der Nonien 20 Secunden, am letztern 10 Secunden. Das Fernrohr ist an dem einen Ende der Horizontal-Axe, der Kreis an dem andern angebracht. Ein zweites Fernrohr (Versicherungsrohr) läßt sich gegen jenes vertauschen, so daß dieses Instrument dieselbe Bequemlichkeit bietet, wie der Theodolit Nr. 13. Oeffnung der Fernröhre 18mm, Brennweite 160mm, ein prismatisches Ocular- und ein Sonnenglas. 160 Thlr.
19. Theodolit ohne Repetition. Radius des silbernen Limbus des Azimuthal-, sowie des Verticalkreises 55mm. Die Ablesung der ersteren ist vermittelst der Nonien 20 Secunden, des letzteren einzelne Minuten. Das Fernrohr wie Nr. 18. 90 Thlr.

20. Theodolit ohne Repetition. Die Dimensionen, Theilung und Fernrohr wie Nr. 19; die Axe von Glas, anstatt von Stahl. 100 Thlr.
21. Nivellirinstrument nach Reichenbach, mit einem Azimuthalkreise von 70mm Radius. Der silberne Limbus ist durch die Nonien in einzelne Minuten getheilt. Die Ablesung mittelst eines Nonius 10 Secunden. Oeffnung des Fernrohres 36mm, Brennweite 430mm. 150 Thlr.
22. Nivellirinstrument ohne Verticalkreis 100 "
23. Desgl. ohne Azimuthalkreis 60 "
24. Desgl. nach Stampfer 100 "
25. Desgl. nach Stampfer, kleinerer Art 60 "
26. Heliotrop nach Gauß 100 "
27. Desgl. nach Steinheil, ohne Fernrohr 14 "
28. Dipleidoskop nach Dent 12 "
29. Desgl. mit einem Fernrohr 22 "
30. Desgl. zu Beobachtungen außer dem Meridian 30 "
31. Distanzmesser nach Fraunhofer. Oeffnung des Fernrohrs 36mm, Brennweite 430mm. 80 Thlr.
32. Prismenkreis nach Steinheil, neueste Construction 180 "
33. Ein Stativ zum Prismenkreis, welches alle nöthigen Bewegungen zuläßt 54 "
34. Spiegelkreis. Radius des Kreises 70mm 96 "
35. In Verbindung mit einem Prisma von 40—90 "
36. Sextant. Radius 160mm 80 "
37. Desgl. Radius 130mm 70 "
38. Desgl. Radius 100mm 50 "
39. Kippregel mit einem Fernrohr von 25mm Oeffnung und 250mm Brennweite 40 "
40. Meßtisch nach Reichenbach 27 "
41. Schmalkalder's Bussole mit Prisma 16 "

Physik.

a) Maß und Gewicht.

1. Wage nach Robinson, welche bei einer Belastung von 500 Gramm auf 0,1 Milligramm noch einen merklichen Ausschlag giebt 115 Thlr.
2. Dieselbe, etwas kleiner, für 300 Gramm Belastung 90 "
3. Wage, besonders für chemische Analysen bestimmt, mit einer Vorrichtung zur Bewegung des Laufgewichtes 60 Thlr.
4. Wage nach Weber, die Aufhängung des Balkens und der Schalen an Coconfäden. Bei einer Belastung von 80 Gramm giebt dieselbe auf 0,1 Milligramm noch einen merklichen Ausschlag 30 Thlr.
5. Wage nach Weber, die Aufhängung des Balkens und der Schalen in Federn, für eine Belastung von 25 Kilogramm 35 Thlr.
6. Dieselbe, für eine Belastung von 50 Kilogramm 50 "
7. Wage, ähnlich der Nr. 3 40 "
8. Desgl. kleiner 30 "
9. Normalpfund, vergoldet und in einer Kapsel von Messing aufbewahrt 17 "
10. Ein halbes Kilogramm (Normalgewicht), ebenfalls vergoldet und in einer Kapsel von Messing aufbewahrt 17 Thlr.
11. Ein Satz Gewichte von 0,1 Gran bis 12 Unzen (Hannov. Normalgewichte) 36 "
12. Ein Satz Gewichte von 1 Milligramm bis 50 Gramm; die Gewichte von 1 Milligramm bis 1 Gramm sind von Platina, die übrigen von Messing 10 Thlr.
13. Ein Satz Gewichte wie die vorhergehenden, von Argentan statt von Messing 11 "
14. Comparator zur Untersuchung von Längenmaßen. Derselbe ist mit zwei Mikrometer-Mikroskopen versehen, welche sich auf einem stählernen Cylinder von 1200mm Länge verschieben und an demselben feststellen lassen. 140 Thlr.
15. Comparator wie der vorhergehende, aber mit einem Reißerwerke, um Normalmaße übertragen zu können 160 Thlr.
16. Längentheilungsmaschine mit einer 650mm langen Schraube 80 "
17. Desgl. nach Meyerstein's Angabe 140—200 "
18. Längentheilungsmaschine zu Anfertigung von Glasmikrometern 35 "

19. Ein Meter auf einer dünnen Schiene, in einzelne Millimeter getheilt, welche nach der Kater'schen Art auf einer soliden Messing- oder Stahlstange befestigt ist 30 Thlr.
20. Dasselbe, die Theilung auf Silber 45 =
21. Fühlhebel-Niveau 40 =
22. Fühlhebel-Sphärometer, zur Untersuchung der Formen von Oberflächen (nach eigener Angabe) 17 Thlr.
23. Fühlhebel-Sphärometer nach eigener Angabe, bei welchem Unterschiede von 0,001^{mm} sehr deutlich zu erkennen sind 30 Thlr.
24. Sphärometer nach Cauchoix 12 =
25. Dickenmesser mit Fühlhebel und Gradbogen 6 =

b) Aerostatik und Meteorologie.

1. Luftpumpe mit einem Wechselhahn. Die Höhe des Cylinders 430^{mm}, der Durchmesser 90^{mm}, der Durchmesser des Tellers 323^{mm}. Indem der Embolus seinen höchsten und tiefsten Stand erreicht, wird der Wechselhahn durch eine einfache Vorrichtung geöffnet und geschlossen 180 Thlr.
2. Luftpumpe von denselben Dimensionen, aber ohne die Vorrichtung zum Selbstschließen und Oeffnen des Hahns 160 Thlr.
3. Luftpumpe von denselben Dimensionen, mit zwei Cylindern und mit der Vorrichtung zum Schließen der Wechselhähne 300 Thlr.
4. Luftpumpe mit einem Cylinder. Die Höhe des Cylinders 300^{mm}, der Durchmesser 65^{mm}, der Durchmesser des Tellers 270^{mm}, ebenfalls zum Selbstschließen des Hahns eingerichtet 140 Thlr.
5. Luftpumpe wie die vorhergehende, ohne Selbstschluß des Hahns 122 =
6. Desgl. von denselben Dimensionen, aber mit zwei Cylindern und mit Selbstschluß der Hähne 230 Thlr.
7. Gefäß-Barometer, nach Fortin 60 =
8. Gefäß-Barometer nach eigener Angabe, bei welchem das Gefäß nur aus Stahl und Glas besteht und demnach eine Verunreinigung des Quecksilbers niemals stattfindet; mit einem Verschluß der Röhre, durch welchen dieselbe gegen das Zerspringen durch zu große Temperatur-Unterschiede beim Transport geschützt ist 60 Thlr.
9. Heber-Barometer mit zwei beweglichen achromatischen Mikroskopen 56 =
10. Heber-Barometer mit einem Mikroskop, welches sich auf einem Messingcylinder, der parallel mit der Barometerröhre liegt, der Länge nach verschieben und vermittelst einer feinen Mikrometerschraube einstellen läßt. Der Messingcylinder dient zugleich als Etalon 45 Thlr.
11. Heber-Barometer nach eigener Einrichtung 17 =
12. Thermometer nach Bessel's Methode calibrirt und in 0,1 Grade eingetheilt 15 =
13. Hygrometer nach de Luc 4 Thlr.
14. Desgl. nach de Saussure 5 =
15. Desgl. nach Daniell 10 =
16. Psychrometer mit Befeuchtungsvorrichtung, nach Listing's Angabe, nebst Tafeln 10⅔ Thlr.

c) Magnetismus.

1. Magnetischer Apparat zur Bestimmung der absoluten Declination und Intensität des horizontalen Theiles des Erdmagnetismus, inclus. eines Hülfsapparats 160 Thlr.
2. Magnetischer Apparat, nur für die Beobachtungen der Variationen der Declination. Der schwingende Stab ist bei diesem, wie bei dem vorhergehenden Apparate 630^{mm} lang und 1870 Gramm schwer 50 Thlr.
3. Magnetischer Apparat wie Nr. 1 mit einem Stabe von 350^{mm} Länge und 500 Gramm Gewicht, inclus. des Hülfsapparates 95 Thlr.
4. Magnetischer Apparat wie Nr. 2, aber nach den Dimensionen des vorhergehenden 32 Thlr.

Die Preise der einzelnen Theile des Magnetometers für die Stäbe von	1870 Gramm	500 Gramm
Ein Schiffchen mit Torsionskreis	15 Thlr.	12 Thlr.
Desgl. ohne Torsionskreis	4 =	2 =
Eine Spiegelfassung	10 =	8 =
Ein Torsionsstab	9 =	4 =
Virgo transversalis, mit vergoldeten Gewichten	9 =	7 =

	Stäbe von 1870 Gramm	500 Gramm
Eine Suspension	8 Thlr.	Thlr.
Eine Scale	1 „	1 „
Ein Dämpfer	22 „	9 „
Ein Spiegel		von 5—40 „

5. Bifilar-Magnetometer zu den Beobachtungen der Variationen der Intensität des horizontalen Theiles des Erdmagnetismus. Das Gewicht des schwingenden Stabes ist 11650 Gramm, seine Länge 1200mm 100 Thlr.
6. Ein Dämpfer zu diesem Apparate 40 „
7. Bifilar-Magnetometer für einen Stab von 630mm Länge 76 „
8. Desgl. einfachster Art 40 „

Sämmtliche magnetische Apparate von Nr. 1 bis 9 sind nach Gauß.

9. Magnetischer Apparat nach Weber, welcher sich besonders für die Beobachtungen auf Reisen, sowohl für die Bestimmung der Variationen der Declination, als auch für die absolute Declination und Intensität des horizontalen Theiles des Erdmagnetismus eignet 170 Thlr.
10. Derselbe Apparat in kleinerem Maßstabe ausgeführt 120 „

Diese Apparate, sowie sämmtliche größere Magnetometer sind für die Aufnahme eines Multiplicators eingerichtet.

11. Bussole zur Bestimmung der absoluten Intensität, nach Weber 15 Thlr.
12. Inclinatorium nach Robinson, Länge der Nadeln 240mm 130 „
13. Inclinatorium, bei welchem der Kreis die Nadel nicht umgiebt, sondern in einiger Entfernung von derselben sich befindet. Der Kreis trägt eine Alhidade, an welcher zwei mit Mikrometern versehene Mikroskope befestigt sind, vermittelst welcher die Stellung der Nadel beobachtet wird. Dem Instrumente sind vier Nadeln von 240mm Länge, zwei Streichstäbe, ein Trog zur Aufnahme der Nadeln, welche gestrichen werden sollen, eine Pincette, um die Nadel mit Sicherheit in die Pfanne legen zu können, sowie auch eine Declinationsnadel zur Orientirung beigegeben. Die Umkehrung der Nadel geschieht, ohne den Kasten zu öffnen 280 Thlr.
14. Inclinatorium nach eigener Angabe, bei welchem man die Neigung der Nadel in einer getheilten Spiegelplatte beobachtet 120 Thlr.
15. Apparat zur Bestimmung der Schwingungsdauer der Inclinations-Nadel 6 „
16. Mikroskopischer Apparat zur Bestimmung der Collimationsfehler der Inclinations-Nadeln 45 Thlr.
17. Apparat für die Variationen der Inclination, nach Weber 55⅔ „
18. Desgl. zu Bestimmung des verticalen Theils des Erdmagnetismus, bestehend aus einem Stabe von 630mm Länge, welcher in der Mitte zwei Planspiegel trägt 45 Thlr.
19. Inductions-Inclinatorium nach Weber 60 „
20. Oscillations-Inclinatorium 60 „
21. Tangenten-Bussole nach Weber 15 „
22. Sinus-Bussole 120 „
23. Astatische Nadel mit Multiplicator, nach Nobili 15 „
24. Elektromagnetischer Rotations-Apparat nach Weber 80 „
25. Commutator nach Gauß (zwei verschiedene Arten) von 1⅙—2 „

d) Optik.

Achromatische Lupen von 5,10 und 15 facher Linear-Vergrößerung 3⅓ Thlr.
Einfache Lupe aus Bergkrystall 1⅔ „
Dergl. aus gutem Spiegelglase von ⅔—2 „
Camera lucida nach Fraunhofer 16 „
Desgl. nach Wollaston 5 „
Desgl. nach Sömmerring 5 „
Desgl. nach Amici 6 „
Camera obscura mit Prisma 20 „
Desgl. zum Zweck der Anfertigung von Lichtbildern von 40—120 „
Goniometer mit Fernrohr und einer zweckmäßigen Einrichtung für die Bewegungen des Krystalles 80 Thlr.
Goniometer nach Wollaston 25 „
Desgl. zum Anlegen 6 „

Polarisations-Apparat nach Nörremberg	30 Thlr.
Desgl. nach Arago	30 „
Desgl. einfachster Art	12 „
Pincette mit zwei Turmalinplättchen	4 „
Nicol'sches Prisma, nach Verhältniß der Größe,	6—10 „
Presse, um das Glas zu krümmen	4½ „
Dergl. um das Glas zu drücken	4½ „
Mikroskop aus drei achromatischen Linsen zusammengesetzt, die stärkste Vergrößerung ist 200 fach	22 Thlr.
Mikroskop, ebenfalls aus drei achromatischen Linsen zusammengesetzt. Zu diesem Mikroskop gehören drei Oculare, wovon das eine ein Mikrometer enthält, eine Beleuchtungslinse für undurchsichtige Gegenstände. Die stärkste Vergrößerung ist 300, die schwächste 30 fach	34 Thlr.
Microscope coudé, mit denselben Zuthaten wie beim vorhergehenden	37 „
Mikroskop größerer Art, mit einem Dreifuße zum Zusammenlegen	60 „
Mikroskop wie das vorhergehende, mit einem Mikrometertische	80 „
Mikroskop mit Ambos nach Oberhäuser, mit einem Linsensysteme	60 „
Mikroskop mit beweglichem Faden-Mikrometer	15 „
a) Ein Linsensystem zum Mikroskop, aus drei achromatischen Linsen zusammengesetzt	8 „
b) Ein stärkeres	14 „
c) Ein Ocular	3 „
d) Ein Mikrometer, das Millimeter in 10 Theile	3 „
e) Ein desgl., das Millimeter in 50 Theile	5 „
f) Ein desgl., das Millimeter in 100 Theile	7 „
g) Eine Beleuchtungslinse	3 „
Mikroskop zur Messung der Winkel der kleinsten Krystalle	60 „
Eine mikroskopische Vorrichtung zur Bestimmung der Focaldistanzen converer Gläser	55 Thlr.
Ein Prisma aus Crown- und Flintglas; nach Verhältniß der Größe	von 4—12 „
Ophthalmotrop nach Ruete, zur Versinnlichung der Augenmuskel-Functionen	17 „
Heliostat (einfaches)	21 „

Mathematische Instrumente der Reichenbach'schen mathematisch-mechanischen Institute von T. Ertel u. Sohn in München.

Alle optischen Gläser sind aus dem optischen Institute von Utzschneider u. Fraunhofer in München entnommen, alle angegebenen Größen in zwölftheiligem Pariser Maße und die Preise ohne Verpackung im 24-Guldenfuße zu verstehen.

1. Meridiankreis. Der silberne Limbus eines Kreises hat 45 Zoll im Durchmesser und ist unmittelbar von 2 zu 2 Minuten (jeder Grad in 30 Theile) getheilt. Das Ablesen geschieht vermittelst vier Mikrometer-Mikroskope, welche Theile von Secunden am Kreis erkennen lassen. Diese sind an einem kreisförmigen Träger, mit den nöthigen Correctionen und Versicherungs-Libellen versehen, befestigt. — Das Instrument hat zwei Kreise, von gleicher Größe und Schwere, wovon einer zum Ablesen, wie Anfangs erwähnt, fein getheilt, der andere, entgegengesetzt stehend, als Gegengewicht dient und nur eine grobe Theilung zum Aufsuchen erhält. — Die Klemm- und Mikrometer-Bewegungen gehen vom Mittel der Axe aus, so daß kein Kreis berührt wird. — Der Meridiankreis ist wie ein Passageninstrument zur Untersuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umschlagen eingerichtet, wozu eigens construirte Umlegungen ausgeführt werden, welche die Einrichtung besitzen, daß das Instrument nicht mehr wie früher aus seinen Pfeilern herausgefahren, sondern, wenn es nur um einige Zolle aus seinen Lagern gehoben ist, unmittelbar umgelegt werden kann. Das Instrument ist in allen seinen Theilen aufs vollkommenste balancirt und hat eine große Libelle (1 Secunde = 1,5 Pariser Linien) für die Hauptaxe. — Das Fernrohr, dessen messingene Rohre, der größeren Steifigkeit halber, eine verhältnißmäßig conische Form erhalten, hat ein achromatisches Objectiv von 96 Zoll Brennweite und 66''' Oeffnung, vier astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Objectiv und Ocular zum Umstecken eingerichtet. Die Fadenbeleuchtung, mit einer Vorrichtung zur Moderation des Lichtes, für helles Feld und dunkle Fäden, geschieht durch die Hauptaxe, jene für helle Fäden

und dunkles Feld durch die Ocularröhre. Sowohl die verticalen als horizontalen Fäden sind so streng bei dunklem Feld erleuchtet, daß man bei verticaler Stellung des Fernrohres ein deutlich reflectirtes Bild der Fäden vom Quecksilberhorizont erhält, welches zur Untersuchung des Collimationsfehlers, der Verticalität der Fäden, des Nullpunktes ꝛc. dienlich ist. Zur Untersuchung der genauen Rundung der Stahlzapfen sind empfindliche Libellen angebracht. — Die Einrichtung, ob die Mikroskope fest am Pfeiler oder an einer Alhidade befestigt sein sollen, hängt vom Besteller ab; auch können an allen Meridiankreisen statt der geraden, gebrochene Fernröhre angebracht werden, über deren Construction und Kosten man sich bei der Bestellung verständigt. 9000 fl.

2. Meridiankreis. Der silberne Limbus des Kreises von 3 Fuß 4 Zoll Durchmesser ist vermittelst vier Nonien von Secunde zu Secunde getheilt. Der Meridiankreis ist wie ein Passageninstrument zur Untersuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umschlagen eingerichtet, in allen seinen Theilen vollständig balancirt, und hat zwei große Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere an der Alhidade zur Versicherung des festen Standes der Nonien beim Drehen des Kreises. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 96 Zoll Brennweite und 66 Linien Oeffnung, vier astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Horizontalaxe. Außerdem wie vorhergehender. 8000 fl.

3. Meridiankreis. Der silberne Limbus des Kreises von 3 Fuß Durchmesser ist vermittelst vier Nonien von 2 zu 2 Secunden getheilt. Der Meridiankreis ist zur Berichtigung und Untersuchung des Collimationsfehlers zum Umschlagen eingerichtet, in allen seinen Theilen vollständig balancirt, und hat zwei große Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere an der Alhidade zur Versicherung des festen Standes der Nonien beim Drehen des Kreises. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 60 Zoll Brennweite und 51 Linien Oeffnung, vier astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Horizontalaxe. 5800 fl.

4. Meridiankreis. Der silberne Limbus des Kreises von 2 Fuß Durchmesser ist vermittelst vier Nonien von 2 zu 2 Secunden getheilt. Der Meridiankreis ist zur Untersuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umhängen eingerichtet, in allen seinen Theilen vollständig balancirt, und hat zwei große Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere an der Alhidade zur Versicherung des festen Standes der Nonien beim Drehen des Kreises. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 50 Zoll Brennweite und 42 Linien Oeffnung, vier astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Hauptaxe. 3000 fl.

5. Meridiankreis. Der silberne Limbus des Kreises von 20 Zoll Durchmesser ist vermittelst vier Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt. Der Meridiankreis ist zur Untersuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umschlagen eingerichtet, in allen seinen Theilen vollständig balancirt, und hat zwei große Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere an die Alhidade zur Versicherung des festen Standes der Nonien beim Drehen des Kreises. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 42 Zoll Brennweite und 34 Linien Oeffnung, drei astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Hauptaxe. 2600 fl.

Sollten auch an den Instrumenten Nr. 2—5 statt der Nonien vier Mikrometer-Mikroskope zum Ablesen verlangt werden, so bleibt der Preis bei Nr. 2 unverändert, bei Nr. 3, 4 und 5 aber erhöht er sich um 450 fl.

6. Meridiankreis, tragbarer. Der silberne Limbus des Kreises von 16 Zoll Durchmesser ist vermittelst vier Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt. Der Azimuthalkreis von 12 Zoll Durchmesser, welcher durch zwei Nonien von Minute zu Minute auf Silber getheilt ist, bildet zugleich den Fuß des Instrumentes. Der Meridiankreis ist zur Untersuchung und Berichtigung des Collimationsfehlers zum Umlegen eingerichtet, in allen seinen Theilen vollständig balancirt, und hat zwei Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere an die Alhidade zur Versicherung des festen Standes der Nonien beim Drehen des Kreises. Die grobe und feine Bewegung der Horizontalaxe in ihren Lagern geschieht durch einen in der Mitte desselben angebrachten Hebel, welcher gegen die Büchse des Verticalzapfens drückt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 24 Zoll Brennweite und 24 Linien Oeffnung, ein prismatisches Ocular mit zwei Ocularköpfen zum Verschieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe des Fernrohrs. 1400 fl.

7. Passageninstrument im ersten Vertical nach unserer neuesten Construction. Das Instrument hat ein achromatisches Objectiv von 72 Linien Oeffnung und 92 Zoll Brenn=

weite nebst vier Ocularen zum Verschieben. Das Fernrohr befindet sich zur Seite der Hauptaxe, deren Rohre, der größeren Steifigkeit willen, eine elliptische Form haben. Der Aufsuchungskreis befindet sich an einem Ende des Fernrohres, zunächst am Ocular, dessen Indexträger mit einer Libelle versehen ist. Die Beleuchtung, welche moderirt werden kann, geht durch die Hauptaxe. Das Instrument ist in allen Theilen vollständig balancirt und dahin eingerichtet, daß es in der kürzesten Zeit und auf die einfachste Weise leicht umgelegt werden kann. Hierzu eine große Libelle auf die Hauptaxe. 6500 fl.

8. Passageninstrument. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 96 Zoll Brennweite und 66 Linien Oeffnung, vier astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Hauptaxe. Diese ist gegen die älteren zweckmäßiger eingerichtet, gehörig balancirt und mit einer großen Libelle versehen. Für die möglichste Verminderung der Zapfenreibung, wie bei den Meridiankreisen, ist Sorge getragen. 3800 fl.

9. Passageninstrument. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 72 Zoll Brennweite und 52 Linien Oeffnung, vier astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Das Instrument hat eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, durch welche letztere die Fädenbeleuchtung geschieht. Die übrige Einrichtung des Instrumentes ist der des vorhergehenden gleich. 2900 fl.

10. Passageninstrument. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 42 Zoll Brennweite und 34 Linien Oeffnung, drei astronomische Oculare zum Verschieben und ein Sonnenglas. Hierzu eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. Uebrigens wie die vorhergehenden. 1100 fl.

Die Aufsuchungskreise an den vorhergehenden Passageninstrumenten werden nach Verlangen an den Axen oder an den Fernrohr-Ocular-Enden, da bei letzterer Art der Vernierträger eine Libelle hat, angebracht.

11. Zwei Passageninstrumente zur Berichtigung der optischen Axe der vorhergehenden Instrumente eingerichtet. Jedes Fernrohr ist zum Umschlagen eingerichtet und hat ein achromatisches Objectiv von 24 Linien Oeffnung und 42 Zoll Brennweite, drei astronomische Oculare zum Verschieben. Die beiden Axen haben Libellen zum Aufstecken und ruhen in metallenen Lagern, welche letztere mit einander verbunden sind. 1520 fl.

12. Zwei Collimatoren. Jedes Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 24 Linien Oeffnung und 34 Zoll Brennweite und zwei Oculare zum Verschieben, ist an zwei Enden concentrisch gedreht und läßt sich hier in metallenen Lagern um seine optische Axe drehen, hat auch eine Libelle zum Aufstecken. 950 fl.

13. Passageninstrument, tragbares, mit einem gebrochenen Fernrohre. Dieses hat ein achromatisches Objectiv von 24 Linien Oeffnung und 22 Zoll Brennweite, zwei astronomische Oculare und ein Sonnenglas. Das Instrument hat einen Verticalkreis von 6 Zoll und einen Azimuthalkreis, welcher zugleich den Fuß bildet, von 14 Zoll; ersterer mittelst eines Nonius von Minute zu Minute, letzterer mittelst vier Nonien von 10 zu 10 Secunden, beide auf silbernen Limbus, getheilt. Hierbei eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. 700 fl.

14. Passageninstrument, tragbares, mit einem gebrochenen Fernrohre. Dieses hat ein achromatisches Objectiv von 18 Zoll Brennweite und 19 Linien Oeffnung, zwei astronomische Oculare und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe des Fernrohres. Das Instrument hat einen Verticalkreis von 5 Zoll und einen Azimuthalkreis, welcher zugleich den Fuß bildet, von 12 Zoll Durchmesser; ersterer ist mittelst eines Nonius von Minute zu Minute, letzterer mittelst vier Nonien von 10 zu 10 Secunden, beide auf silbernem Limbus, getheilt. Hierbei eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. 600 fl.

15. Passageninstrument, tragbares, mit einem gebrochenen Fernrohre. Dieses hat ein achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung, ein astronomisches Ocular und ein Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe des Fernrohres. Das Instrument hat einen Verticalkreis von 4 Zoll und einen Horizontalkreis, welcher zugleich den Fuß bildet, von 10 Zoll; ersterer mittelst einer, letzterer mittelst vier Nonien von Minute zu Minute getheilt. Hierbei eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. 470 fl.

16. Großer Vertikalkreis, von 3 Fuß 4 Zoll Durchmesser, von 2 zu 2 Minuten getheilt. Das Ablesen geschieht mittelst 4 Mikroskope. Das Fernrohr hat ein achromati-

sches Objectiv von 6 Fuß Brennweite und 66 Linien Oeffnung. Das prismatische Ocular hat 4 Einsätze und 1 Sonnenglas. Das Instrument ist in allen seinen Theilen vollständig balancirt, hat einen Dreifuß mit aufrechtstehender Säule von Kanonenmetall, wodurch dasselbe transportabel genannt werden kann, und 2 Libellen, eine für die Horizontalaxe, die andere zur Versicherung des festen Standes der Mikroskope. 9000 fl.

17. Verticalkreis, repetirender, von 3 Fuß Durchmesser, vermittelst 4 Nonien auf silbernem Limbus von 2 zu 2 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 48 Zoll Brennweite und 37 Linien Oeffnung. Das prismatische Ocular hat 4 Einsätze und 1 Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe des Fernrohres. Das Instrument hat 2 Libellen, eine für die Horizontalaxe, die andere für die Alhidade zur Versicherung des festen Standes der Nonien. Außerdem wie der vorhergehende. Sollten statt der Nonien 4 Mikroskope zum Ablesen des Kreises verlangt werden, so wird das Instrument nicht repetirend. Der Preis bleibt übrigens derselbe. 4400 fl.

18. Verticalkreis, repetirender tragbarer, von 18 Zoll, mit einem Azimuthalkreis von 8 Zoll Durchmesser; beide Kreise mit silbernem Limbus, der erste durch 4 Nonien von 2 zu 2 Secunden, der letzte durch 1 Nonius von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 24 Zoll Brennweite und 22 Linien Oeffnung, 1 prismatisches Ocular und 1 Sonnenglas. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe des Fernrohres. An der Verticalaxe ist eine große Libelle befindlich, und eine bewegliche am Kreise zur Versicherung des festen Standes desselben beim Drehen der Alhidade. Eine dritte Libelle dient zum Anhängen am Horizontalzapfen. 1600 fl.

19. Verticalkreis, tragbar repetirender, mit einem Höhenkreise von 14 und einem Azimuthalkreise von 6 Zoll Durchmesser; beide Kreise auf silbernem Limbus, der erste durch 4 Nonien von 4 zu 4 Secunden, der letzte durch einen Nonius von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 21 Zoll Brennweite und 22 Linien Oeffnung, ein prismatisches Ocular zum Verschieben und 1 Sonnenglas. Das Instrument hat 2 Libellen, die eine am Horizontalzapfen, die andere am Höhenkreise zur Versicherung seines festen Standes bei Drehen der Alhidade. 1200 fl.

20. Verticalkreis, tragbar repetirender, mit einem Höhenkreise von 10 und einem Azimuthalkreise von 6 Zoll Durchmesser. Beide auf silbernem Limbus; der erste mittelst 4 Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt, der letzte durch einen Nonius von 10 zu 10 Secunden. Das achromatische Fernrohr hat ein Objectiv von 18 Zoll Brennweite und 19 Linien Oeffnung, 1 prismatisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das Instrument hat 2 Libellen, die eine für den Horizontalzapfen, die andere am Höhenkreise zur Versicherung seines festen Standes bei Drehen der Alhidade. 900 fl.

21. Verticalkreis, tragbar repetirender, mit einem Höhenkreise von 8 Zoll Durchmesser, auf silbernem Limbus, durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat 1 achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung, 1 prismatisches und 1 astronomisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das Instrument hat 2 Libellen, die eine für den Horizontalzapfen, die andere am Höhenkreise zur Versicherung des festen Standes desselben beim Drehen der Alhidade. 600 fl.

22. Aequatorialinstrument, mit einem Stunden- und einem Declinationskreise, ersterer auf silbernem Limbus von 14, letzterer von 24 Zoll Durchmesser, durch 2 Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt; der erstere giebt 4 Secunden in Zeit, der andere 4 Secunden im Raum. Das achromatische Fernrohr hat ein Objectiv von 42 Zoll Brennweite und 38 Linien Oeffnung, 3 astronomische Oculare, 1 prismatisches, 1 Kreis- und 1 Repetirfilarmikrometer und 1 Sonnenglas. Das Instrument hat einen Dreifuß mit aufrechtstehender Säule von Kanonenmetall und 3 Libellen. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Axe. Das Instrument ist zugleich als Verticalkreis brauchbar. 5500 fl.

23. Aequatorialinstrument, tragbares, auf einer messingenen Säule ruhend. Der Stundenkreis von 8 und der Declinationskreis von 12 Zoll Durchmesser sind auf silbernem Limbus durch 2 Nonien von 4 zu 4 Secunden getheilt; der erste giebt 4 Secunden in Zeit, der andere 4 Secunden im Raum. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 20 Zoll Brennweite und 18 Linien Oeffnung, 2 astronomische Oculare, 1 Sonnenglas, 1 Kreis- und 1 Repetirfilarmikrometer. Die Fädenbeleuchtung geschieht durch die Hauptaxe. Das Instrument hat 2 Libellen. 1400 fl.

24. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreise von 18 Zoll Durchmesser, direct von 2 zu 2 Minuten getheilt ($1^{0} = 30$). Das Ablesen geschieht vermittelst 4 diametralste-

hender Mikroskope, welche eine Secunde angeben. Ein Höhen- und ein Aufsuchungskreis von 12 Zoll Durchmesser, sämmtlich auf silbernem Limbus, der erstere vermittelst 4 Nonien von 2 zu 2 Secunden, der letztere vermittelst eines Nonius von Minute zu Minute. Der Höhenkreis hat die Einrichtung eines Meridiankreises. Das gebrochene Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 34 Linien Oeffnung und 28 Zoll Brennweite, 2 astronomische Oculare und 1 Sonnenglas und ist in seinen Lagern, zur Verminderung der Axen-Reibung, vollständig balancirt. Das Versicherungsfernrohr hat 20 Linien Oeffnung und 20 Zoll Brennweite. Alle Klemm- und Mikrometer-Bewegungen vom Mittelpunkt ausgehend. Der Horizontalkreis bewegt sich auf seiner eigenen Büchse, unabhängig von jener der Alhidade, und kann daher verdreht werden, ohne daß dabei eine Verrückung der Alhidade möglich wäre, ebenso umgekehrt die Alhidade. Das Instrument hat eine große Libelle für die Hauptaxe, eine zweite an der Höhenalhidade zur Versicherung ihres unveränderten Standes während der Drehung des Höhenkreises. 2500 fl.

25. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreis von 14 Zoll Durchmesser, durch 4 Verniers von 2 zu 2 Secunden getheilt, einem Höhen- und Aufsuchungskreis von 10 Zoll Durchmesser; ersterer giebt durch 4 Verniers 4 Secunden, letzterer durch einen 1 Minute. Das gebrochene Fernrohr hat 21 Linien Oeffnung und 18 Zoll Brennweite, das Versicherungsfernrohr 15 Linien Oeffnung und 16 Zoll Brennweite. Die übrigen Einrichtungen sind wie am vorhergehenden. 1700 fl.

26. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreis von 12 Zoll, einem Höhen- und einem Aufsuchungskreis von 6 Zoll Durchmesser, sämmtlich auf silbernem Limbus, der erstere durch 4 Verniers von 4 zu 4 Secunden, der zweite von 10 zu 10, und der letzte durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung, 2 Oculare und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 15 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung. Uebrigens wie das vorhergehende. 1300 fl.

27. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreise von 10 Zoll und einem Höhenkreise von 5 Zoll, beide auf silbernem Limbus, durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat 13 Linien Oeffnung und 11 Zoll Brennweite, 2 astronomische Oculare und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 11 Zoll Brennweite und 11 Linien Oeffnung. Uebrigens wie das vorhergehende. 750 fl.

28. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreise von 7 Zoll und einem Höhenkreise von 4½ Zoll, beide auf silbernem Limbus, durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat 11 Linien Oeffnung und 10 Zoll Brennweite, 2 astronomische Oculare und 1 Sonnenglas. Das achromatische Versicherungsfernrohr hat 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung. Uebrigens wie die vorhergehenden. 525 fl.

29. Universalinstrument, mit einem Horizontalkreise von 6 Zoll und einem Höhenkreise von 4 Zoll Durchmesser, ersterer mittelst 2, letzterer mittelst 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Hauptfernrohr ist hier nicht gebrochen, sondern steht an der Seite der Axe und dessen Objectiv hat 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung. Das Objectiv des Versicherungsfernrohres hat gleichfalls 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung. Uebrigens hat das Instrument dieselbe Construction, wie die vorhergehenden Universalinstrumente. Hierzu ein Stativ, welches bei geeigneten festen Plätzen auch entbehrt werden kann.

Auf Verlangen können an allen hier angeführten Universalinstrumenten und nachfolgenden Theodoliten statt der Verniers Mikrometer-Mikroskope zum Ablesen angebracht werden, über deren Preis man sich bei der Bestellung verständigen wird. 415 fl.

30. Multiplicationstheodolit, astronomischer, mit einem Horizontalkreis, welcher auch als Verticalkreis dient, von 8, einem Aufsuchungskreise von 5 und einem Azimuthalkreise von 4 Zoll Durchmesser, sämmtlich auf silbernem Limbus, der erste vermittelst 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, die beiden letzteren durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Instrument hat 3 Fernröhre. Das gebrochene und das zweite Hauptfernrohr haben achromatische Objective von 13 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung; das erste hat 1 astronomisches Ocular und 1 Sonnenglas, das zweite 1 prismatisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung. Der Theodolit kann in seiner terrestrischen

Aufstellung als ein Passageninstrument gebraucht werden und hat 2 Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere am Kreise. 850 fl.

31. **Multiplicationstheodolit**, astronomischer, mit einem Horizontalkreis von 8 und einem Azimuthalkreis von 4 Zoll Durchmesser. Beide Kreise sind auf silbernem Limbus, der erste durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der andere durch einen Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Hauptfernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 12 Linien Oeffnung, 1 astronomisches und 1 prismatisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung. Das Instrument hat 2 Libellen, die eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere am Kreise. 600 fl.

32. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer. Der Horizontalkreis von 18 Zoll Durchmesser unmittelbar von 2 zu 2 Minuten (30 Theile) getheilt; das Ablesen geschieht vermittelst 4 Mikrometer-Mikroskope, welche einzelne Secunden angeben. Das achromatische, gebrochene Fernrohr hat 24 Linien Oeffnung und 24 Zoll Brennweite, 1 astronomisches Ocular, das Versicherungsfernrohr 20 Linien Oeffnung und 24 Zoll Brennweite. Alle Klemm- u. Mikrometer-Bewegungen sind vom Mittel ausgehend. Die Bewegungen von Kreis und Alhidade wie am Universalinstrument. Der einfache Höhenkreis giebt durch einen Nonius einzelne Minuten. Das Instrument hat eine empfindliche Libelle auf der Hauptaxe &c. 1500 fl.

33. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, wie der vorhergehende, statt des gebrochenen Fernrohres mit einem geraden gleicher Größe 1400 fl.

34. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, mit einem Horizontalkreis von 14 und einem Höhenkreis von 6 Zoll Durchmesser, ersterer durch 4 Verniers von 2 zu 2 Secunden, letzterer durch einen Nonius zu 1 Minute. Das Versicherungsfernrohr von 15 Linien Oeffnung und 16 Zoll Brennweite, das Hauptfernrohr von 21 Linien Oeffnung und 18 Zoll Brennweite. 1000 fl.

35. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 12 und einem Höhenkreise von 6 Zoll Durchmesser, beide auf silbernem Limbus; der erste vermittelst 4 Nonien von 4 zu 4 Secunden, der letzte durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 16 Zoll Brennweite und 18 Linien Oeffnung, 1 astronomisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das achromatische Objectiv des Versicherungsfernrohres hat 16 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung. Hierbei eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. Der Theodolit ist zugleich als Passageninstrument brauchbar. 800 fl.

36. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, wie der vorhergehende, aber ohne Versicherungsfernrohr 733 fl.

37. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 12 und einem Höhenkreise von 6 Zoll Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste vermittelst 4 Nonien von 4 zu 4 Secunden, der letzte vermittelst 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt, und 2 Fernröhren, deren achromatische Objective 16 Zoll Brennweite und 15 Linien Oeffnung haben. Jedes Fernrohr hat 1 astronomisches Ocular, das Hauptfernrohr 1 Sonnenglas. Hierbei 1 Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. 750 fl.

38. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, wie der vorhergehende, ohne Versicherungsfernrohr 690 fl.

39. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 8 und einem Höhenkreise von 5″, 5 Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste mittelst 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der letzte durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das gebrochene und das Versicherungsfernrohr haben achromatische Objective und 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung. Jedes Fernrohr hat 1 astronomisches Ocular und das Hauptfernrohr 1 Sonnenglas. Hierbei eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe. Der Theodolit ist zugleich als Passageninstrument brauchbar. 533 fl.

40. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, wie der vorhergehende, ohne Versicherungsfernrohr 480 fl.

41. **Multiplicationstheodolit**, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 8 und einem Höhenkreise von 5″, 5 Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste vermittelst 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der letzte vermittelst eines Nonius von Minute zu Minute getheilt, und 2 Fernröhren, deren achromatische Objective 13 Zoll Brennweite und

13 Linien Oeffnung haben. Jedes Fernrohr hat 1 astronomisches Ocular und das Hauptfernrohr 1 Sonnenglas. Hierbei eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe 450 fl.

42. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, wie der vorhergehende, ohne Versicherungsfernrohr 400 fl.

43. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 7 und einem Höhenkreise von 5 Zoll Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste durch 4, der letzte durch 2 Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das gebrochene Fernrohr hat 1 achromatisches Objectiv von 11'', 5 Brennweite und 13 Linien Oeffnung, 2 astronomische Oculare und 1 Sonnenglas. Das Versicherungsfernrohr hat 1 achromatisches Objectiv von 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung. Das Instrument, zugleich brauchbar als Passageninstrument, hat eine Libelle zum Aufstecken auf die Horizontalaxe und ein Stativ, welches bei geeigneten festen Plätzen auch entbehrt werden kann. 450 fl.

44. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, wie der vorhergehende, jedoch statt des gebrochenen Fernrohrs ein gerades mit 1 achromatischem Objectiv von 13 Linien Oeffnung, 13 Zoll Brennweite und 1 astronomischem Ocular nebst Sonnenglas 400 fl.

45. Theodolit, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 6 und einem Höhenkreise von 4'', 5 Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste durch 2, der andere durch 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt, und 2 Fernröhren, deren achromatische Objective 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung haben. Das Instrument hat eine Libelle für die Horizontalaxe und ein Stativ, welches bei festen Plätzen entbehrt werden kann. 250 fl.

46. Theodolit, terrestrischer, wie der vorhergehende, ohne Versicherungsrohr 225 fl.

47. Multiplicationstheodolit, terrestrischer, mit einem Horizontalkreise von 6 und einem Höhenkreise von 4'' 5''' Durchmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste durch 4 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der letzte mittelst 1 Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 10 Zoll Brennweite und 10 Linien Oeffnung, 1 astronomisches Ocular und 1 Sonnenglas. Das Instrument, zugleich als Nivellirinstrument brauchbar, hat 2 Libellen, eine zum Aufstecken auf die Horizontalaxe, die andere auf das Fernrohr und ein Stativ. 300 fl.

Den vorhergehenden Theodoliten auch zu Beobachtungen optischer Experimente, als Brechung, Farbenzerstreuung 2c. einzurichten kostet 80 fl. mehr.

48. Zwei Heliotrope zu Lichtsignalen, zum Behuf geodätischer Messungen 450 fl.

Alle Fernröhre der Instrumente von Nr. 1—44 sind nach dem Objective und Oculare zu verjüngt, wodurch die besondere Balancirung an denselben unnöthig wird. Auch bekommen alle gebrochenen Fernröhre um der größeren Steifigkeit der Röhren willen eine conische Form. Alle Versicherungsfernröhre sind an den Büchsen der Kreise angebracht und haben eine zarte Horizontal= und eine sanfte Verticalbewegung. Die feine Horizontalbewegung derselben wird durch eine Schraube in ihrem Ocularkopfe ersetzt.

49. Taschenheliotrop mit einem parallaktisch aufgestellten Planspiegel 55 fl.

50. Heliostat, tragbares, mit Uhr und zwei Spiegeln. Die Aufstellung wie beim Theodolit. 200 fl.

51. Nivellirinstrument, mit einem Horizontalkreise von 6 Zoll Durchmesser und einem Höhengradbogen von 3'' Halbmesser, beide auf silbernem Limbus, der erste durch 2 Nonien von 10 zu 10 Secunden, der andere vermittelst eines Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 18 Zoll Brennweite, 17 Linien Oeffnung und 1 astronomisches Ocular. Das Instrument hat eine Libelle zum Aufsetzen auf das Fernrohr, kann zugleich als Distanzenmesser gebraucht werden und ruht auf einem Stative, dessen Obertheil von Messing, die Füße aber von Holz sind. 325 fl.

52. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, ohne Horizontalkreis 250 fl.

53. Nivellirinstrument, mit einem Horizontalkreis von 5 Zoll Durchmesser und einem Höhengradbogen von 2'' 3''' Halbmesser, der erste durch 2 Nonien, der andere vermittelst eines Nonius von Minute zu Minute getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung und 1 astronomisches Ocular. Das Instrument hat eine Libelle zum Aufsetzen auf das Fernrohr, kann zugleich als Distanzenmesser gebraucht werden und ruht auf einem Stativ, dessen Obertheil von Messing, die Füße aber von Holz sind. 250 fl.

54. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, jedoch ohne Horizontalkreis 160 fl.

55. Nivellirinstrument, mit einem Horizontalkreise von 5 Zoll Durchmesser, auf silbernem Limbus, vermittelst 2 Nonien von Minute zu Minute getheilt; das Fernrohr hat

ein achromatisches Objectiv von 13 Zoll Brennweite und 13 Linien Oeffnung und 1 astronomisches Ocular. Das Instrument hat eine Libelle auf dem Fernrohr und ein Stativ, dessen Obertheil von Messing, die Füße aber von Holz sind. 200 fl.

56. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, ohne Horizontalkreis 142 fl.

57. Nivellirinstrument, kleines, ohne Horizontalkreis, aber mit einem Höhengradbogen; das Fernrohr hat 1 achromatisches Objectiv von 10 Linien Oeffnung, 10 Zoll Brennweite und 1 astronomisches Ocular.

Das Instrument hat eine Mikrometer-Bewegung, sowohl in horizontaler als in verticaler Richtung, und ein Stativ. 130 fl.

58. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, jedoch ohne Höhengradbogen 120 fl.

59. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, aber ohne horizontale Mikrometerbewegung 112 fl.

60. Nivellirinstrument, einfaches, ohne Fernrohr mit Diopter n, 13 Zoll von einander abstehend, wovon das eine mit dem Fadenkreuz vermittelst eines Triebes an einer getheilten Scale sich verstellen läßt, wodurch man die Steigungen und Gefälle sogleich nach Procenten erhält. In der Mitte befindet sich eine Wasserwage. Das Instrument läßt sich im Kreise nach allen Richtungen verdrehen, außerordentlich schnell horizontal stellen und hat ein festes, dabei leichtes Stativ aus 3 Füßen. 55 fl.

61. Nivellirinstrument, wie das vorhergehende, aber noch kleiner, mit feststehendem Diopter und einem Stativ aus 3 Füßen 30 fl.

Zu diesen hier genannten Nivellirinstrumenten gehören die sub Nr. 145 und 146 aufgeführten Nivellirlatten, und zwar zu den Instrumenten Nr. 52 bis 56 die Latte Nr. 146, welche auf der andern Seite zum Distanzenmesser eingerichtet ist, und zu den Instrumenten Nr. 56 — 60 die Latte Nr. 145. Die Nivellirinstrumente und ihre Latten sind der größeren Genauigkeit und Zeitersparniß halber dahin eingerichtet, daß man das Nivellement direct durch das Fernrohr auf der Latte selbst abliest und dies Letztere nicht durch den Gehülfen geschieht.

62. Prismenkreis (Steinheil- und- Ertel'scher), neu construirt nach der von Bessel in den astronomischen Nachrichten Nr. 254 und 255 gegebenen Theorie des ältern Instrumentes. Durch rechtwinklige Glasprismen sind beide Bilder doppelt reflectirt. Das Instrument gestattet alle Winkel bis zu 185 Grad zu messen, während man immer direct nach dem einen Gegenstande visirt, was bei dem frühern Prismenkreise nicht möglich war. Durch zwei zusammengehörige Einstellungen, zwischen welchen die Theilung des Kreises ihre Pole im Raume wechselt, d. i. um 180 Grad umgelegt wird, eliminirt sich der Einfluß der Winkelungleichheit beider Prismen, sowie der der Objectivsonnengläser und die Collimation in aller Schärfe. Der silberne Limbus von 5 Zoll Durchmesser ist durch 2 diametrale Nonien (mit Doppelluppen) von 10 zu 10 Secunden getheilt. Alle Hemmungen sind in das Centrum der Axen verlegt. Das achromatische Fernrohr von 8 Zoll Brennweite hat 10 Linien Oeffnung und vergrößert 15 mal. Zur Bequemlichkeit beim Beobachten aus freier Hand ist ein kleineres Fernrohr von 5 Zoll Brennweite, 7 Linien Oeffnung und 5maliger Vergrößerung noch beigegeben. Das Mahagonikästchen zur Verpackung des Instrumentes dient demselben als Stativ und zugleich zur Rectification, indem 2 kleine Fernröhre so anzubringen sind, daß zwischen ihnen alle Elemente des Instrumentes untersucht und verbessert werden können. Dieser Hülfsapparat ist in demselben Kästchen verpackt. Des letztern Dimensionen sind 7, 4, 6, 2 und 5 Zoll. 525 fl.

63. Spiegelkreis. Der silberne Limbus des Kreises von 6 Zoll Durchmesser ist vermittelst zweier diametralen Nonien von 10 zu 10 Secunden getheilt. Das Fernrohr hat ein achromatisches Objectiv von 5 Zoll Brennweite und 7 Linien Oeffnung, 1 astronomisches Ocular und 2 Sonnengläser. Der große Spiegel im Centrum ist auf seiner Alhidade senkrecht drehbar. Die Sonnengläser sind zum Umstecken eingerichtet. 180 fl.

64. Spiegelkreis, wie der vorhergehende; der Spiegel im Centrum ist aber auf seiner Alhidade unbeweglich 140 fl.

65. Stativ zu einem der zwei vorhergehenden Instrumente, mit allen Bewegungen und einem Azimuthalkreise versehen 45 fl.

66. Spiegelsextant von 6 Zoll Halbmesser, vermittelst eines Nonius 10 Secunden angebend und mit einem Fernrohr von 7 Linien Oeffnung, 5 Zoll Brennweite und astronomischem Ocular. Jedes der beiden Bilder hat 3 Sonnengläser verschiedener Helligkeit; diese, sowie beide Spiegel sind plan-parallel. 180 fl.

67. Spiegelsextant, ohne Fernrohr (Hartmann- und Ertel'scher), zur Messung aller Winkel bis zu 180 Grade, und zur Absteckung von Curven auf dem Felde 30 fl.

68. Astrolabium, mit einem Kreis von 7 Zoll Durchmesser, mittelst zweier diametralen Nonien von Minute zu Minute getheilt, mit 4 Dioptern, einer Bussole und einer Libelle auf der Alhidade, hierzu ein Stativ mit 3 Füßen 90 fl.

69. Astrolabium, wie vorhergehendes, aber statt der Dioptern ein Fernrohr von 9 Linien Oeffnung und 10 Zoll Brennweite, ohne Bussole, hierzu ein Stativ mit 3 Füßen 100 fl.

70. Distanzenmesser mit einem Fernrohre, dessen achromatisches Objectiv 18 Zoll Brennweite und 17 Linien Oeffnung hat, einem Gradbogen, einem Lineale und ohne Latte 140 fl.

71. Distanzenmesser mit einem Fernrohr; dessen achromatisches Objectiv hat 17 Linien Oeffnung und 18 Zoll Brennweite; dieses Instrument hat eine Libelle zum Aufsetzen auf das Fernrohr, um es zugleich zum Nivelliren gebrauchen zu können, zu welchem Zwecke sich das Fernrohr am Instrument selbst berichtigen läßt. 170 fl.

Das Ocular hat die hierzu nöthige Einrichtung.

72. Distanzenmesser, kleiner, mit einem Lineal und Gradbogen, einem Fernrohr von 13 Linien Oeffnung und 13 Zoll Brennweite und 1 astronomischem Ocular mit einem feststehenden Fadenkreuze und 2 verschiebbaren Fäden. Eine Libelle zum Aufsetzen auf das Fernrohr, um es zugleich zu Nivelliren gebrauchen zu können. 118 fl.

73. Distanzenmesser, wie vorhergehender, ohne Nivellir-Vorrichtung 110 fl.

74. Kippregel mit einem einfachen Fernrohre, Diopter, Gradbogen und Lineal 55 fl.

75. Kippregel, wie vorhergehendes, jedoch mit einem achromatischen Fernrohr von 10 Linien Oeffnung und 13 Zoll Brennweite 75 fl.

76. Diopterlineal, von 2 Fuß Länge 44 fl.

77. Meßtischstativ nach neuester Construction. Das Meßtischblatt läßt sich kreisförmig in dem Rande einer metallenen Schale drehen, gegen welche die drei Verticalschrauben zum Horizontalstellen des Meßtisches drücken. Das Blatt kann leicht geklemmt und gelöst werden und hat eine feine Mikrometerbewegung. 55 fl.

78. Meßtischstativ, kleines, zum Distanzenmesser Nr. 73 passend, außerdem wie vorhergehendes 40 fl.

79. Meßtischlibelle, in messingener Fassung mit Correctionsschraube $5^2/_5$ fl.

80. Libelle, 6 Zoll lang in Messing gefaßt, auf einer messingenen Platte befestiget mit Correctionsschraube 9 fl.

81. Libelle, wie vorhergehende, aber 10 Zoll lang 15 fl.

82. Transporteur, kreisförmiger, von Messing und 7 Zoll Durchmesser, vermittelst 1 Nonius auf silbernem Limbus in Minuten getheilt und mit einer Mikrometerschraube versehen 55 fl.

83. Transporteur, kreisförmiger, wie der vorhergehende, ohne Mikrometerschraube und auf Messing getheilt 44 fl.

84. Transporteur, halbkreisförmiger, von Messing und 6 Zoll Durchmesser, in halbe Grade getheilt 7 fl.

85. Transporteur, halbkreisförmiger, von Messing, 5 Zoll Durchmesser und in halbe Grade getheilt 6 fl.

86. Transporteur, halbkreisförmiger, von Messing, 4 Zoll Durchmesser und in ganze Grade getheilt 3 fl.

87. Goniometer. Das Instrument hat einen Gradbogen von $3^1/_2$ Zoll Halbmesser, welcher vermittelst des verstellbaren Verniers 5 Minuten angiebt; der Gradbogen läßt sich in jede beliebige Lage bringen und darin feststellen, hat 2 Dioptern, welche in Tangententheile getheilt sind, und eine Libelle, um den Gradbogen und mit diesem die Dioptern horizontal zu stellen, außerdem ein Senkel zum Verticalstellen des Gradbogens und ein Stativ aus 3 Füßen 60 fl.

88. Bussole mit beweglichem Diopter, die Nadel 4 Zoll Länge. Die Bussole läßt sich im Kreise verdrehen und horizontal stellen durch 4 auf den Verticalzapfen diametral drückende Schrauben. Das Diopter gestattet eine freie Bewegung in verticaler Richtung. Hierzu ein Stativ aus 3 Füßen 40 fl.

89. Bussole mit einer Nadel von 4 Zoll Länge und Diopter 25 fl.

90. Bussole, wie die vorhergehende, ohne Diopter 13 fl.

91. Taschenbussole, mit einer Nadel von 2 Zoll Länge 9 fl.

92. **Bussole** in länglicher Form, mit messing. Platte und hölzernem Gehäuse 8 fl.
93. **Winkelspiegel, großer,** mit geschliffenen Spiegeln und allen nöthigen Correctionen versehen; in dem Halter desselben befindet sich ein Schraubenzieher 9 fl.
94. **Winkelspiegel** mit feinen Spiegeln; in dem Halter desselben befindet sich ein Schraubenzieher zur Correction der Spiegel $4^1/_2$ fl.
95. **Winkelspiegel** mit gewöhnlichen Spiegeln $3^1/_2$ fl.
96. **Winkelspiegel** mit Rohr 8 fl.
97. **Libellen,** ohne Fassung mit Naphtha oder Weingeist gefüllt, nach Maßgabe ihrer Dimensionen 4—40 fl.
98. **Libellen,** ordinär, mit Weingeist gefüllt von 6 fl. bis zu $^4/_5$ fl.
99. **Maßstab,** von der Länge eines Fußes, enthält achterlei Maße mit Transversalen 40 fl.
100. **Maßstab,** wie vorhergehender, jedoch nur mit viererlei Maße 30 fl.
101. **Maßstab,** von der Länge eines Fußes, in 2500 und 5000 Theile getheilt, an 4 Enden transversal 11 fl.
102. **Maßstab,** wie der vorhergehende, an 2 Enden transversal 10 fl.
103. **Maßstab,** von der Länge eines bayerischen, rheinländischen, englischen oder Pariser Fußes, in 1440 oder 1000 Theile getheilt 6 fl.
104. **Maßstab,** wie der vorhergehende, auf beiden Seiten getheilt, an 4 Enden transversal $8^1/_2$ fl.
105. **Maßstab,** wie der vorhergehende, an 2 Enden transversal 7 fl.
106. **Maßstab,** von der Länge eines halben, in 2500 und 5000 Theile getheilten Fußes, an 4 Enden transversal $5^1/_2$ fl.
107. **Maßstab,** wie der vorhergehende, an 2 Enden transversal $4^1/_2$ fl.
108. **Maßstab,** prismatischer, von Messing, auf 2 Seiten in 1000 oder 1200 Theile durchaus fein getheilt, 1 Fuß lang 8 fl.
109. **Maßstab,** wie der vorhergehende, $^1/_2$ Fuß lang 5 fl.
110. **Maßstab,** wie vorhergehender, doch nur 1 Zoll auf jeder Seite fein getheilt 4 fl.
111. **Maßstab,** wie Nr. 100, doch nur 1 Zoll auf jeder Seite fein getheilt 7 fl.
112. **Maßstab,** prismatischer, aus feinem Holz, auf 2 Seiten durchaus fein getheilt, 1000 oder 1200, 1 Fuß lang 3 fl.
113. **Maßstab,** wie vorhergehender, jedoch nur der erste Zoll auf jeder Seite fein getheilt $2^1/_5$ fl.
114. **Maßstab,** wie Nr. 113, jedoch nur 7 Zoll lang $2^1/_{10}$ fl.
115. **Maßstab,** wie vorhergehender, jedoch nur der erste Zoll auf jeder Seite fein getheilt $1^1/_5$ fl.
116. **Stangencirkel,** die Stange von 3 Fuß Länge besteht aus einem messingenen Rohre, welches eingetheilt und mit einem Nonius versehen ist; eine Spitze ist zum Verschieben und hat eine feine Mikrometerbewegung 55 fl.
117. **Stangencirkel,** mit hölzerner Stange von 3 — 4 Fuß Länge, mit sanfter Bewegung und Mikrometerschraube 16 fl.
118. **Stangencirkel,** etwas schwächer, von 2—3 Fuß Länge, übrigens wie der vorhergehende 15 fl.
119. **Stangencirkel,** wie der vorhergehende, mit stählerner Stange 20 fl.
120. **Stangencirkel,** von 18 Zoll Länge, die Stange besteht aus einem messingenen Rohre zum Zusammenschrauben, hat Reißfeder, Bleirohr und Nadeleinsatz und eine sanfte Einstellung 13 fl.

121.	**Lineal**	von	Stahl,	mit	2	messingenen	Köpfen,	60	Zoll	lang	30 fl.
122.	„	„	„	„	2	„	„	57	„	„	28 fl.
123.	„	„	„	„	2	„	„	54	„	„	26 fl.
124.	„	„	„	„	2	„	„	51	„	„	24 fl.
125.	„	„	„	„	2	„	„	48	„	„	22 fl.
126.	„	„	„	„	2	„	„	45	„	„	20 fl.
127.	„	„	„	„	2	„	„	42	„	„	18 fl.
128.	„	„	„	„	2	„	„	39	„	„	16 fl.
129.	„	„	„	„	2	„	„	36	„	„	14 fl.
130.	„	„	„	„	2	„	„	33	„	„	12 fl.
131.	„	„	„	„	2	„	„	30	„	„	10 fl.
132.	„	„	„	„	2	„	„	27	„	„	8 fl.
133.	„	„	„	„	2	„	„	24	„	„	6 fl.

134. Winkel von Stahl, nach Maßgabe ihrer Dimensionen, von 3 fl. bis 25 fl.
135. Heberbarometer, zum Reisen eingerichtet, mit stählernem Wechsel und einem Thermometer 80 fl.
136. Thermometer nach Fahrenheit, Reaumur oder Celsius 7 fl.
137. Copirmaschine mit eiserner Säule und eisernem Gerippe 290 fl.
138. Copirmaschine mit hölzerner Säule und eisernem Gerippe 170 fl.
139. Pantograph, neuester Construction, von Messing 150 fl.
140. Pantograph, einfacher mit hölzernen Schienen 20 fl.
141. Meßkette, 50 Fuß lang $8^1/_2$ fl.
142. Meßkette, 100 Fuß lang 16 fl.
143. Senkel 3 fl.
144. Eine Nivellirlatte aus 3 Theilen bestehend, 15 bayerische Fuß hoch, nach jedem beliebigen Maß eingetheilt 22 fl.
145. Eine Nivellirlatte, wie die vorhergehende, jedoch noch die zweite Seite zum Distanzenmessen eingetheilt 29 fl.
146. Eine Nivellirlatte zu Kanalwagen, zum Verschieben 12 fl.
147. Meßlatte, kleine, aus 3 Theilen zum Zusammenlegen, eine Seite zum Distanzenmessen, die andere zum Nivelliren eingetheilt, zum Instrument Nr. 73 gehörig 18 fl.
148. Meßlatte, zu 1000′ oder 2000′ zum Distanzenmesser gehörig 11 fl.
149. Meßtischblatt von Lindenholz 4 fl.
150. Stromgeschwindigkeitsmesser nach Reichenbach 55 fl.
151. Woltmann'scher Flügel, von 10 Zoll Durchmesser 70 fl.
152. Schmalkalders Höhenmesser 30 fl.
153. Kanalwage aus Messing ohne Diopter mit Stativ 55 fl.
154. „ „ „ 18 fl.
155. Reißzeug von Messing und Neusilber von 8 fl. bis 100 fl.

Instrumente vom Universitätsmechanikus Poller in Leipzig.

A. Instrumente, deren man sich zum Zeichnen und Auftragen bedient.

Ein Transversalmaßstab, worauf 6 oder 7 Dresd. Zoll und durch die Transversalen 1 Zoll in 100 oder 120 Theile getheilt $^2/_3$ Thlr.

Derselbe, 6 Dresd. oder Leipziger, Decimal- und Duodecimal-Zoll enthaltend $^5/_6$ Thlr.

Ein Geodätenmaßstab, auf einer Seite getheilt, wo ein Dresdner Zoll = 15 Ruthen ist, 1 Thlr.

Ein sächsischer Ruthenmaßstab, 20er oder 30er, d. h. ein Ruthendecimalzoll ist in 20 oder 30 Theile, Ruthen, getheilt, $1^1/_2$ Thlr.

Derselbe mit preußischem Maß $1^1/_2$ Thlr.

Derselbe länger, auf einer Seite 20er, auf der andern Seite 25er oder 30er getheilt 3 Thlr.

Der letztere von Neusilber $3^1/_2$ Thlr.

Ein sächsischer Ruthenmaßstab, wo die Theilung auf einer versilberten Abschrägung getheilt ist, um damit zu revidiren, entweder 20er, 25er, 30er ꝛc.; d. h. 20 oder 25 Ruthen gehen auf einen Ruthenzoll, 200, 250, 300 ꝛc. auf einen Ruthenfuß. (Es ist wenigstens 1 Ruthenfuß auf dem Maßstabe.) Die Zahlen sind so aufgetragen, daß man von rechts nach links und von links nach rechts ablesen kann. 10 Thlr.

Derselbe mit preußischem oder jedem andern Maße „ „ 10 Thlr.

Ein Transporteur, 6″ im Durchmesser, in ganze Grade getheilt „ „ $^2/_3$ Thlr.

Derselbe in halbe Grade getheilt „ „ $1^1/_3$ Thlr.

Ein Transporteur, 9″ im Durchmesser, nach Belieben in $^1/_6$, $^1/_4$, $^1/_3$, $^1/_2$ Grade getheilt „ „ „ „ 5 Thlr.

Derselbe, in $^1/_4$ Grade getheilt, mit einem 3″ breiten und 9″ langen Lineale, auf welchem 4 Maße und an dessen beiden Enden Abschrägungen getheilt sind, um mit den letzteren Parallellinien zu zeichnen und zu messen. „ „ „ „ 15 Thlr.

Ein Transporteur, 12″ im Durchmesser, nach Belieben in $^1/_6$, $^1/_4$, $^1/_3$, $^1/_2$ Grade getheilt, mit Alhidade und Nonius, welcher einzelne Minuten angiebt, und einer Vorrichtung an der Alhidade, um den gemessenen Winkel genau auf Papier abstechen zu können; mit Etui „ „ „ „ „ „ „ „ „ 21 Thlr.

Ein Transporteur, aus einem Vollkreis bestehend, 9 Zoll im Durchmesser, in $^1/_4$ Grade getheilt 15 Thlr.

Ein Stangencirkel, von Holz, 3—4' lang, mit nicht sichtbarer Mikrometerschraube, Einsatzbleihülse und Reißfeder, zwei Stahlspitzen und einer Nadelspitze, einem Messer, um Kreise auszuschneiden, nebst Schlüssel 6 Thlr.

Derselbe, von 3—4' Länge, aber in allen andern Theilen größer und stärker $6^1/_2$ „

Derselbe, von Messing und 16'' Länge 5 „

Ein Storchschnabel von Holz, 2' lang $4^1/_2$ „

Derselbe von Messing 12 „

Stückcirkel *) von 3—7'' Länge $1^1/_4$—$1^1/_2$ „

Handcirkel $^2/_3$—$^5/_6$ „

Handreißfedern $^1/_3$—$^2/_3$ „

Halbirungscirkel $2^1/_3$ „

Dreischenkliger Cirkel $2^1/_3$ „

Reißfedercirkel neuester Construction, mit Bleihülse und Reißfeder, um kleine Kreise von $^1/_8$'''—3'' im Durchmesser zu ziehen, ohne den Mittelpunkt auf dem Papier zu bemerken 3 Thlr.

Derselbe in Etui $3^1/_3$ „

Federcirkel mit Einsatz, 4'' lang 3 „

Proportionalcirkel, getheilt in 200 Theile, von denen 32 gleich sind einem englischen Zoll 6 Thlr.

Derselbe um $^1/_3$ länger, getheilt in 300 Theile 8 „

Eiserne Lineale, lackirt $1^1/_2$'—3' lang, $1^1/_4$—2'' breit 1—3 „

Eiserne Winkel, lackirt 2—3 „

Abschiebezeuge, nach der Größe verschieden 4—12 „

B. Bussolen-Apparate.

Eine kleine Bussole, der Ring in $^1/_2$ oder $^1/_3$ Grade getheilt, die Magnetnadel $4^1/_4$'' lang, das Hütchen von Achat. Dieselbe hat Charnierdioptern zum Rück- und Vorwärtsvisiren, und die Dioptern sind $12^1/_2$'' von einander entfernt. Mit verschiedenen Stativaufsätzen (Nuß, Kopf) und Stativ 30—35 Thlr.

Eine Bussole, der Limbus in $^1/_4$ Grade getheilt, die Magnetnadel $5^1/_2$ Zoll lang, das Hütchen von Achat. Dieselbe hat Charnierdioptern wie die erstere, deren Entfernung von einander aber 17'' beträgt. Dazu eine Nuß nach eigener Erfindung mit allen nothwendigen Vorrichtungen. Mit Stativ 50 Thlr.

Dieselbe mit 4 Charnierdioptern und dadurch bedingter Vergrößerung 68 „

Dieselbe mit einer Dosennivelle; Mehrbetrag 3 „

Eine Bussole derselben Art, aber ohne Dioptern, sondern mit Visirrohr und Dosennivelle 56 Thlr.

Dieselbe mit einem Fernrohr an der Stelle des Visirrohrs 65 „

Eine Bussole derselben Art, versehen mit einem Höhenmesser nebst Nonius, und einem Fernrohr, auf welchem sich eine Cylindernivelle befindet. Mit dieser Vorrichtung können die Winkel nach einzelnen Minuten bestimmt werden, und es dient diese Bussole auch als Nivellirinstrument. Da der obere Theil der Bussole abgenommen werden kann, so ist mittelst einer anzuschraubenden Planchette der untere Theil mit dem Stativ als Meßtisch zu gebrauchen 98 Thlr.

Dieselbe ohne Planchette 95 „

Eine Bussole, der Limbus in $^1/_4$ Grade getheilt, die Magnetnadel $5^1/_2$'' lang, das Hütchen von Achat. Die Nuß ist mit Schraube ohne Ende und feiner Horizontalbewegung durch 3 Schrauben. Die Entfernung der Charnierdioptern von einander beträgt 18''. Mit Stativ 50 Thlr.

Eine Bussole, mit Fernrohr über der Bussole, zum Umschlagen eingerichtet. Die Nuß hat eine Schraube ohne Ende und feine Horizontalbewegung. Limbus, Nadel und Hütchen wie bei der vorhergehenden. Mit Stativ 40 Thlr.

---

*) Zu einem Stückcirkel gehört jedesmal Einsatzbleihülse und Einsatzreißfeder.

Bussolen auf dem Meßtisch zu gebrauchen.

Eine Bussole mit Stunden- oder Gradtheilung, die Nadel $2^1/_4''$ lang, das Hütchen von Achat $6^1/_2$ Thlr.
Dieselbe größer, der Limbus in $^1/_2$ Grade getheilt, die Magnetnadel 3'' lang, das Hütchen von Achat 10 Thlr.
Eine Bussole, länglich viereckig, die Magnetnadel $5^1/_2''$ lang 7 ,,
Taschen-Bussolen in Uhrenform $1^1/_3$—8 ,,

C. Meßtischapparate.

Ein Meßtisch, die Nuß mit Rad ohne Ende und einer 2' im Quadrat haltenden Planchette. Mit Stativ 34 Thlr.
Ein Meßtisch neuester Construction; die Nuß mit Mikrometerschraube und feiner, durch 3 Schrauben bewirkter Horizontalstellung. Mit Stativ und einer Planchette. 34 Thlr.
Ein Meßtisch mit einfacher Kugelnuß und Stativ $20^1/_2$,,
Die Kugelnuß allein 10 ,,
Ein Münchner Meßtisch, mit Schraube ohne Ende 48 ,,

Bemerkung. Vorstehende Instrumente sind zu Bussolen und Nivellirinstrumenten als Kopf (Nuß) anzuwenden.

Ein Diopterlineal von 20'' Länge mit Charnierdiopter zum Rück- und Vorwärtsvisiren 15 Thlr.
Dasselbe mit feststehenden, aber abzuschraubenden Diopteru 12 Thlr.
Dasselbe mit Tangententheilung 18 ,,
Ein Diopterlineal (Kippregel) mit Aufsatz und Fernrohr zum Umschlagen, achromatisch 25 Thlr.
Dasselbe mit Fernrohr zum Umschlagen und Halbkreis. Das Fernrohr ist 18'' lang, das Ocular feststehend, das Objectivglas durch Zahn und Trieb beweglich. 32 Thlr.

D. Nivellir-Instrumente.

Dosennivelle von 2'' Durchmesser mit Bedeckung $3^1/_2$ Thlr.
Cylindernivelle mit Mikrometerschraube, auf einem eisernen Lineal 6 ,,
Ein Quecksilberniveau von $2^1/_2$' Länge, mit auf Elfenbeinwürfeln befestigten Dioptern. Es gehören dazu noch 2 Schraubzwingen zum Verschließen der Oeffnungen des Canals und ein messingener Hahn zum Ausgießen des Quecksilbers 10 Thlr.
Dasselbe mit Hülsennuß, welche Horizontal- und Verticalbewegung erlaubt, und Stativ 20 Thlr.
Dasselbe ohne Stativ 15 ,,
Dasselbe Quecksilberniveau mit Kugelnuß, Horizontal- und Verticalbewegung, Stativ und Schraubzwingen 28 Thlr.
Ein Stativ rund zum Zusammenlegen 5 ,,
Ein Stativ der neuesten Construction 7 ,,
Ein kleines Nivellirinstrument mit Dioptern zum Rück- und Vorwärtsvisiren; Entfernung der Dioptern 15 Zoll. 25 Thlr.
Ein Nivellirinstrument, das Fernrohr ohne den Auszug 18'' lang, mit feststehendem Ocular, das Objectivglas durch Zahn und Trieb beweglich. Das Fernrohr ist zum Umlegen in seinen Lagern eingerichtet und es befindet sich auf demselben eine lange Nivelle mit Theilung, unter demselben eine Dosennivelle. Die Nuß ist auf die zweckmäßigste Weise gebaut, und wenn man den obern Theil mit dem Fernrohr abnimmt, so kann man eine Planchette aufschrauben und es als Meßtisch gebrauchen. Mit Stativ 100 Thlr.
Ein Nivellirinstrument, das Fernrohr 18'' lang ohne den Auszug, in seinen Lagern zum Umlegen eingerichtet. Das Ocular ist feststehend, das Objectivglas durch Zahn und Trieb beweglich. Auf dem Fernrohr befindet sich eine Cylindernivelle. Die Nuß ist mit Schraube ohne Ende und zweifacher Horizontalstellung. Mit Stativ 60 Thlr.
Eine Nivellirlatte, je nach der Eintheilung 8—10 ,,
Dieselbe mit verschiebbarem Tableau 12 ,,

G. Moritz Leyser, Mechaniker und Inspector am physikalischen Institute in Leipzig, hat endlich folgende ausgezeichnete Instrumente geliefert:

1. Das transportable Magnetometer besteht bis auf die Magnetnadel und die Ablenkungsstäbe aus reinem Kupfer, um alle magnetischen Einflüsse am Apparate selbst zu vermeiden. — Es ist ein kupferner Rahmen, 7mm dick, 75mm breit und 165mm lang; wirkt als starker Dämpfer für die Oscillationen der Nadel, welche an Coconfäden in einer kupfernen getheilten Schiebröhre mit Torsionskreis versehen herabhängt. Die Magnetnadel ist an beiden Enden mit Planparallelspiegeln versehn. Verschlossen wird dieser kupferne Rahmen durch zwei kupferne Seitenplatten, ebenfalls von 7mm Stärke. Die schmalen Seiten des Rahmens sind durchbrochen, mit mit Planparallelgläsern versehn, so daß alle störenden Einflüsse von Luftzug auf die Schwingungen der Nadel ausgeschlossen bleiben. Ein massiver Mahagonidreifuß trägt dieses Instrument und läßt es nach dem Fernrohr, mit welchem die Beobachtungen nach der Gauß'schen Methode vorgenommen werden, einstellen. — Zu diesem Instrumente gehört noch ein Hülfsapparat, als: eine Torsionsnadel; zwei magnetische Ablenkungsstäbe, zu deren Stellung gegen die schwingende Nadel zwei kupferne Schienen an dem kupfernen Rahmen angesetzt werden; ferner ein hölzernes Kästchen, ebenfalls versehn mit einer kupfernen getheilten Schiebröhre nebst Torsionskreise, in welcher Coconfäden herabhängen, um die Schwingungsdauer zu ermitteln, wozu auch ein kupferner Belastungsring gebraucht wird. Dieses Kästchen kann auf jenen Dreifuß gesetzt werden, und die Beobachtung mit demselben Fernrohre bewerkstelligt werden, da die betreffenden Theile gleichfalls mit planparallelen Spiegeln und Gläsern versehn sind. — Mit diesem Instrumente wird die Intensität des Erdmagnetismus an den verschiedenen Punkten der Erde untersucht und bestimmt, auch kann es zu geognostischen Forschungen benutzt werden. Der Preis ist 120 Thlr. Exemplare befinden sich in Prag, Krakau, Freiberg, Leipzig, Göttingen.

2. Das kleine transportable Elektrodynamometer ist ausführlich in Poggend. Annalen Bd. LXXIII S. 197*) vom Verfertiger beschrieben und mit Zeichnungen erläutert. Es ist ein sehr empfindliches Instrument und zu sehr feinen Untersuchungen statt der Sinusbussole eingeführt. Der Preis ist 70 Thlr. und es sind beim Verfertiger immer einige vorräthig. — Utrecht, Upsala, Berlin, Halle, Leipzig haben derartige Instrumente.

3. Das Galvanometer wird ebenfalls ausführlich beschrieben und mit Zeichnungen erläutert werden in den Berichten der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig von Prof. Wilh. Weber **). — Petersburg und Leipzig besitzen dieses Instrument. Preis 120 Thlr. —

   Mit demselben sind die Copien nach dem von Herrn Professor Jacobi in Petersburg eingesandten Einheitsmaße für den Widerstand des Galvanismus in verschiedenen Drähten bestimmt und auf das Jacobi'sche Einheitsmaß reducirt. Diese Einheitsmaße sind beim Verfertiger stets vorräthig und das Exemplar kostet 5 Thlr.

4. Der neue Rheostat besteht aus einem hohlen Serpentinsteincylinder von 2 Par. Zoll Durchmesser, welcher mit flachen Schraubengängen versehn und gefirnißt ist, und nach Angabe mit verschiedenem Drathe umwunden wird. Die Theilung des Cylinders ist in ganze Grade mit Index. Zwei messingene Federn drücken ein Röllchen, welches sich auf einem cylindrischen Stab um sich selbst drehen und auf dem Stabe schieben läßt und mit einer Nuth versehn ist, an den aufgewundenen Draht. Mittelst einer isolirten Kurbel dreht man den Serpentincylinder, wobei jenes Röllchen den Windungen des Drahtes folgt und mithin jedes beliebig lange Stück des Drahtes in die galvanische Kette bringt. Die metallnen Zapfen der Serpentinrolle liegen in Lagern, welche im Durchschnitte ein Dreieck bilden, und eine gelinde messingene Feder drückt die Zapfen an die Lager, so daß eine stetige Verbindung und metallische Berührung unterhalten wird. Eine große Serpentinplatte dient dem Instrmeunte als Postament, wodurch einestheils alle metallne Leitungsstücke isolirt sind, anderntheils die Stabilität gewährleistet ist. Der Preis ist 25 Thlr. (Naturhist. Museum zu Münster.)

---

*) Vergl. den Art. Elektrodynamometer.

**) Vergl. den Art. Galvanameter.

Abbildungen und Beschreibungen physikalischer Instrumente finden sich in allen Hand- und Lehrbüchern der Physik und in den lexikalischen Bearbeitungen dieser Wissenschaft (s. d. Art. Physik). Von hierhergehörigen Einzelwerken führe ich an: Hauch, det physiche Cabinet eller Beskrivelse over de til Exper.-Physiner henhörende vigtigste Instrumenter, tillegemed Bruger deraf. Kjöbenhavn. — Figurentafeln zur Physik nebst ausführlicher Erklärung. Von G. Lautenschläger. Sechs Hefte. Darmstadt 1843. — Franke, drei Wandkarten zum Gebrauch beim Unterricht in der Physik. Schweidnitz, 1842.

Aräometer *), Hydrometer **), Gravimeter ***), Volumeter ****), Senkwage oder richtiger Schwimmwage (lat. Araeometrum, Hydrobaroscopium *****), Baryllion ******); franz. Aréomètre, Pèse-liqueur †); engl. Hydrometer ††) ist ein Instrument, dessen man sich bedient, um die Dichte oder das specifische Gewicht einer tropfbaren Flüssigkeit zu bestimmen. Auch kann man mit Hülfe gewisser Aräometer das specifische Gewicht fester Körper bestimmen. Wenn man eine Flüssigkeit mit einer anderen vermischt, so wird sogleich ihr specifisches Gewicht ein anderes, demgemäß bedient man sich der Aräometer auch, um die Reinheit und Güte gewisser Flüssigkeiten zu erproben, um zu erkennen, welche Beimischungen anderer Flüssigkeiten sie enthalten. Man giebt diesen Instrumenten auch noch besondere Namen je nach den Flüssigkeiten, für welche sie besonders bestimmt sind: Solwage, Salzspindel, Solspindel, Alkoholometer, Branntweinwage, Galaktometer †††), Laugenwage, Laugenprobe, Saccharometer ††††).

Das Princip aller Aräometer ist, daß ein fester Körper, welcher in eine Flüssigkeit eingetaucht wird, in dieser desto tiefer einsinkt, je dünner sie ist. Man mußte hierauf sehr bald aufmerksam werden; und da man ebenfalls sehr bald bemerken mußte, daß die Güte gewisser Flüssigkeiten von ihrer Dichtigkeit abhänge, so lag die Erfindung der Aräometer, dieses für das Geschäftsleben so wichtigen Instrumentes, sehr nahe. Schon die Alten kannten dasselbe †††††),

---

*) Von *ἀραιός*, dünn, und *μετρεῖν*, messen, also eigentlich: Dünnigkeitsmesser.

**) Von *ὕδωρ*, Flüssigkeit.

***) Von gravis, schwer.

****) Von volumen, Rauminhalt.

*****) Von *ὕδωρ*, Flüssigkeit *βάρος*, Schwere, und *σκοπεῖν*, beobachten.

******) *Βαρύλλιον* Dimin. von *βάρος*.

†) Peser, wägen, liqueur, Flüssigkeit.

††) Specielle Werke über Aräometrie: Meißner's Aräometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. Wien, 1816. Baumgartner's Aräometrie für Chemisten und Technologen. Wien, 1820. Repertorium für Chemie ꝛc. v. Brandes Hannover, 1827. Bd. II. Abth. 1. S. 552 bis 630. Rudrauff, Beiträge zur Hydrostatik und Aräometrie. Bern, 1831. Anleitung zur Bearbeitung des Glases an der Lampe von F. Körner, Jena. — Außer den später zu erwähnenden gründlichen Abhandlungen von Schmidt, Tralles u. a. s. noch die Abhandlung von Delegennes im Journ. de Phys. T. XCIV. p. 204.

†††) Von *γάλα*, Milch.

††††) Von saccharum, Zucker.

†††††) Ein Gedicht des Rhemmius Fannius Palaemon de ponderibus et mensuris wird als Beweis angeführt, daß Archimedes ein Aräometer benutzt habe. Wernsdorf Poetae lat. min. V. 510. Salverte in Ann. de Chim. XXVII. p. 113. Gilbert's Ann. Bd. VI. S. 125. Das Gedicht enthält eine genaue und correcte Beschreibung des Aräometers und

und wahrscheinlich bediente man sich auch im Mittelalter der Salzspindeln *).

Die Lehre von der Beschaffenheit, Handhabung und Benutzung der Aräometer hat man als eine eigne Wissenschaft behandelt und **Aräometrie** genannt.

Im Allgemeinen schwimmt ein fester Körper in einer Flüssigkeit dann, wenn er leichter ist als ein dem seinigen gleiches Volumen der Flüssigkeit. Ein schwimmender Körper befindet sich zum Theil unter der Oberfläche der Flüssigkeit, zum Theil über derselben. Stets ist der ganze schwimmende Körper ebenso schwer wie der von ihm aus der Stelle gedrängte Theil der Flüssigkeit. Kennt man nun das Gewicht des schwimmenden Körpers, so braucht man bloß das Volumen des aus der Stelle gedrängten Theiles der Flüssigkeit zu bestimmen; dann weiß man, wie viel eine gewisse Quantität der Flüssigkeit wiegt, und kann leicht das specifische Gewicht derselben bestimmen.

Das einfachste Aräometer wäre hiernach so herzustellen, daß man irgend einen festen Körper, z. B. einen langen Blechcylinder, mit einer Eintheilung versähe, welche genau das Volumen des Körpers von unten bis zu dem betreffenden Theilstriche angäbe. Die Genauigkeit dieser Eintheilung wäre die Hauptsache. Wäre nun das Gewicht dieses Körpers = p, und bezeichnete v das Volumen des von ihm beim Einsenken aus der Stelle gedrängten Flüssigkeitsvolumens (welches die Eintheilung zu bestimmen diente), so wäre p auch das Gewicht einer Quantität dieser Flüssigkeit vom Volumen v. Tauchte man dieses Aräometer nach einander in verschiedene Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte, so würde v für jede dieser Flüssigkeiten einen anderen Werth haben und zwar für die specifisch leichteste Flüssigkeit den größten, für die specifisch schwerste den kleinsten Werth. Die Volumina verhalten sich umgekehrt wie die specifischen Gewichte. Man kann die erwähnte Eintheilung — die Scale — auch so einrichten, daß sie sogleich die specifischen Gewichte zu erkennen giebt. Alle Aräometer, die nach dem eben angegebenen Princip eingerichtet sind, heißen **Scalen-Aräometer**.

Leicht ist es auch, entsprechende Bestimmungen zu erhalten, wenn man den Schwimmer so einrichtet, daß man sein Gewicht verändern kann. Man senkt ihn dann in die zu untersuchende Flüssigkeit und vermehrt sein Gewicht so lange, bis er zu einer bestimmten, ein für allemal markirten Stelle eingesunken ist. Das Volumen der aus der Stelle gedrängten Flüssigkeit ist dann immer dasselbe, und kennt man das Gewicht des Schwimmers und weiß man, um wie viel dieses Gewicht vermehrt werden mußte, damit der Schwimmer bis zur Marke einsank, so kennt man auch das Gewicht einer Quantität Flüssigkeit von Volumen des Schwimmers bis zur Marke. Die (absoluten) Gewichte verhalten sich wie die Dichtigkeiten oder wie die specifischen Gewichte. Diejenigen Aräometer, welche nach diesem Princip construirt sind, nennt man **Gewichts-Aräometer**.

Man verfertigt die Aräometer aus Glas, Messing, (lackirtem) Eisenblech oder Silberblech. Die metallenen Aräometer haben den Mangel, daß sie leicht Brüche

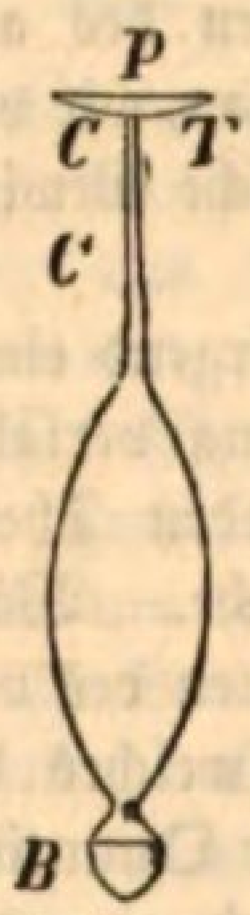
---

seines Gebrauchs zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Flüssigkeiten. **Synesius** von Cyrene gedenkt eines Baryllion in einem Briefe an Hypatia. Fermatii opp. math. Tolosae 1679. Wolfii fragm. mul. graec. Gott. 1739. p. 368. **Gehler** N. A. a. a. O.

*) **Thölden** in seiner Halographie (1603) führt die Salzspindel als längst bekanntes Instrument an. **Leupold** Theatr. stat. univ. II. Cap. 6. **Gehler** N. A. a. a. O.

oder Beulen bekommen, den Schmutz sehr annehmen und beim Reinigen (Abreiben) leicht etwas an Gewicht verlieren. Auch werden die Metalle von vielen Flüssigkeiten angegriffen. Alle diese Mängel haben gläserne Aräometer nicht; aber sie sind freilich leichter zerbrechlich. Die Scalenaräometer verlangen größere Sorgfalt bei der Herstellung. Dies ist weit weniger bei den Gewichtsaräometern der Fall, bei denen Alles auf die Genauigkeit der Gewichte ankommt *).

Ich spreche zunächst von den Gewichts-Aräometern als den einfachsten. Ein ebenso einfaches als brauchbares Instrument ist das Aräometer von Fahrenheit **). Ein hohler rundlicher Körper von Glas geht oben in einen dünnen Hals C C aus, an welchem sich eine Marke (z. B. ein Feilstrich unter T) befindet und welcher oben einen Teller P trägt, auf den Gewichte gelegt werden können. Man wiegt das ganze Instrument. Sein Gewicht sei p. Dann senke man es in Wasser und lege so viele Gewichte p′ auf die Schale, bis das Instrument bis zur Marke einsinkt. Es werden also p + p′ Gewichtstheile Wasser aus der Stelle gedrängt. Hierauf senke man das Instrument in eine andere Flüssigkeit und lege wieder so viele Gewichte p″ auf die Schale, bis es zur Marke einsinkt, so werden nunmehr von der zweiten Flüssigkeit p + p″ Gewichtstheile aus der Stelle gedrängt. Mithin ist ihr specifisches Gewicht $\frac{p + p'}{p + p''}$.



Ich bemerke noch, daß man in die kleine Kugel B am untern Ende des Instruments etwas Quecksilber bringt. Dies bewirkt, daß der Schwerpunkt nach unten zu liegen kommt und daß folglich das Instrument, wenn man es in eine Flüssigkeit einsenkt, die aufrechte Stellung beibehält.

Näher ist die Theorie des Gewichts-Aräometers folgende.

Man stelle sich ein Gewichtsaräometer bis zur Marke in Wasser eingesenkt vor. Sein Gewicht sei p, sein Volumen bis zur Marke v. Dann muß das von ihm aus der Stelle gedrängte Wasser, welches also auch das Volumen v hat, genau ebensoviel wiegen als das Instrument. Wenn s das specifische Gewicht des Wassers bezeichnet, so muß folglich $p = vs$, d. h. $v = \frac{p}{s}$ sein. Bringt man hierauf das Instrument in eine andere Flüssigkeit, deren specifisches Gewicht s′ ist, so muß das Gewicht des Aräometers verändert werden, damit dasselbe abermals bis zur Marke einsinke. Sein Gewicht sei nunmehr p′. Es wird folglich jetzt $p' = vs'$ sein. Es ist also $s' = \frac{p'}{v}$, und da nach dem Obigen $s = \frac{p}{v}$, so ist $s' = \frac{p's}{p}$. Nimmt man wie gewöhnlich das specifische Gewicht des Wassers $s = 1$ an, so ist $s' = \frac{p'}{p}$. Die Umänderung des Gewichtes p in das Gewicht p′ geschieht durch Auflegung eines kleinen Gewichtes, welches q heiße. Dann ist $p' = p + q$. Wir haben also $s' = \frac{p + q}{p} = 1 + \frac{p}{p}$. Es bezeichnet folglich

*) Vergl. Baumgartner, Naturlehre Suppl. S. 79.

**) Philos. Transact. 1720. T. XXIII. p. 140.

$\frac{q}{p}$ der Unterschied des specifischen Gewichtes der zweiten Flüssigkeit vom specifischen Gewichte des Wassers. Der Werth von $\frac{p}{q}$ ist desto größer, je kleiner p ist, d. h. die Empfindlichkeit des Instrumentes ist desto größer, je kleiner sein Gewicht ist. Da aber $s' - s = \frac{q}{p}$ ist, folglich $q = p\,(s' - s)$, und weil $p = vs$, $q = vs\,(s' - s)$, so ist auch q desto größer, je größer v ist, d. h. das Instrument ist desto empfindlicher, je größer sein Volumen ist.

Das vorhin beschriebene Aräometer hat die Unannehmlichkeit, daß es nicht so eingerichtet werden kann, daß es für alle Arten von Flüssigkeiten gleich brauchbar ist; denn es ist klar, daß es nur so lange brauchbar ist, als es nicht ohne Uebergewicht, nicht schon durch sein eigenes Gewicht in der betreffenden dünnen Flüssigkeit unter die Marke hinuntergedrückt wird, weil man es durch Auflegung von Gewichten wohl schwerer, aber nicht leichter machen kann. Wollte man es aber überhaupt so leicht machen, daß es auch in der dünnsten Flüssigkeit noch mit der Marke über dem Niveau sich hielte, so würde bei diesen Flüssigkeiten die Belastung des Tellers wieder verhältnißmäßig zu groß sein müssen *).

Diesem Uebelstande hat G. G. Schmidt durch die nach seiner Angabe von Ciarcy ausgeführten Instrumente abgeholfen. An den birnförmigen Körper A können unten an einem Haken an der stielförmigen Fortsetzung zwei verschiedene mit Quecksilber gefüllte gläserne Gefäße a angehängt werden. Mit dem einen Gefäße wiegt das Instrument 700 halbe Gran Cöln., mit dem andern 1200 halbe Gran Cöln. Das Instrument ist so abgepaßt, daß es mit dem leichteren Gefäße verbunden, in reines Wasser von 150° R. Temperatur getaucht und auf dem Schälchen oben mit 300 halben Gran belastet bis zur Marke einsinkt. Dann ist also für reines Wasser die Gewichtsangabe 700 + 300 = 1000. Diese Gewichtsangabe entspricht dem specifischen Gewichte des Wassers = 1,000. Hätte man nun eine Flüssigkeit, bei welcher man 170 halbe Gran auflegen müßte, um das Instrument bis zur Marke einzusenken, so gäbe 700 + 170 = 870 das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit = 0,870. Bei Flüssigkeiten, die über 1,200 specif. Gewicht haben, hängt man das schwerere Quecksilbergefäß an und erhält dann gleichfalls die specifischen Gewichte ohne Weiteres. Z. B. müßte man in einer gewissen Flüssigkeit 170 Gran auflegen, so wäre das specifische Gewicht der betreffenden Flüssigkeit 1200 + 170 = 1,370 Mit diesem Instrumente kann man die specifischen Gewichte innerhalb sehr weiter Grenzen bestimmen.



Tralles **) hat der Fahrenheit'schen Senkwage eine Gestalt gegeben, welche manche Vortheile gewährt, freilich aber auch andererseits das Instrument in seiner Anwendbarkeit beschränkt. Es besteht nämlich das Tralles'sche Arä-

*) Gren, Journ. VII. 186. Ciarcy Beschreibung des allgemeinen Aräometers. Gießen, 1793.

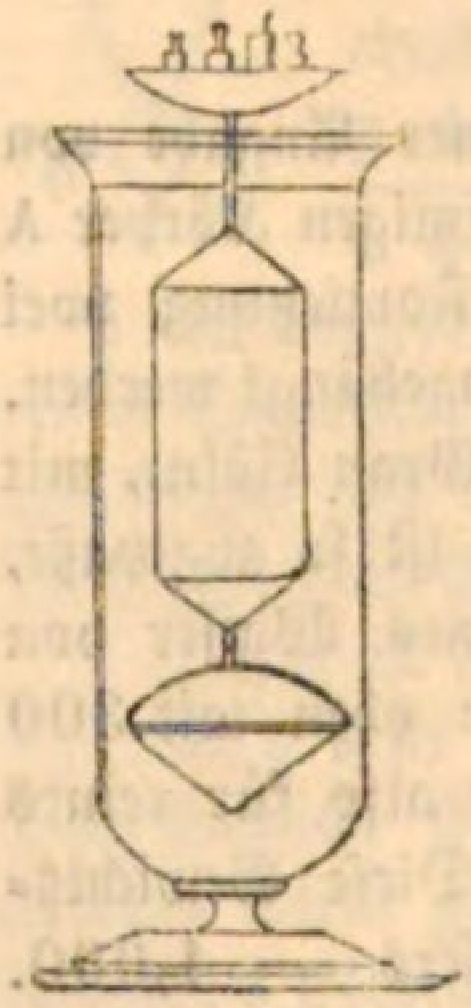
**) Gilb. Ann. Bd. XXX. S. 384. Bd. XXXVIII. S. 401. Ueber die Handhabung dieses Instrumentes s. weiter unten, wo von dem Alkoholometer die Rede ist.



ometer, von ihm hydrostatische Wage genannt, in einer verhältnißmäßig großen Glaskugel, die in einen dünnen Hals ausgeht, an welchem die Marke angebracht ist. Je dünner der Hals im Verhältniß gegen die Kugel ist, desto empfindlicher ist das Instrument. Vom Halse aus geht ein zweimal rechtwinklig umgebogener Stab nach unten (unter den Schwerpunkt des Instrumentes) und trägt hier eine kleine Schale, auf welche Gewichte gelegt werden können.

Man kann sich dieses Aräometers, sowie der vorerwähnten Instrumente auch zum Wägen fester Körper bedienen. Man legt nämlich den zu wägenden Körper auf die Schale, legt dann so viele Grammen zu, bis das Instrument bis zur Marke in der (beliebigen) Flüssigkeit eingesunken ist, nimmt einen der zu wägenden Körper hinweg und ersetzt ihn durch so viele Grammen, als nöthig sind, um abermals das Einsinken bis zur Marke zu bewirken. Die Anzahl der zuletzt aufgelegten Grammen bestimmt das Gewicht des Körpers.

Das Hydrometer von Nicholson *) hat den Vorzug, daß es bequem auch zur Bestimmung des specifischen Gewichtes fester Körper benutzt werden kann. Es besteht aus einem hohlen, aber allseitig verschlossenen Gefäße von Blech, das



oben, wie das Fahrenheit'sche Instrument, in einen dünnen Hals mit einer Marke ausgeht, der einen kleinen Teller trägt. Unten trägt es einen kleinen Eimer von Blech. Gewöhnlich ist das Instrument so regulirt, daß es in Wasser mit einer Belastung von 1000 Gran auf dem Teller bis zur Marke einsinkt. Bringt man es in eine andere Flüssigkeit, so muß man ein gewisses Gewicht von den 1000 Gran wegnehmen oder ein gewisses Gewicht zusetzen, damit die Marke in das Niveau der Flüssigkeit kommt. Aus diesem Gewicht erkennt man das specifische Gewicht der Flüssigkeit. Bezeichnet p das Gewicht des Instrumentes, p' das zugelegte oder weggenommene Gewicht, 1 das specifische Gewicht des Wassers, s das specifische Gewicht der Flüssigkeit, welcher p' entspricht, so hat man

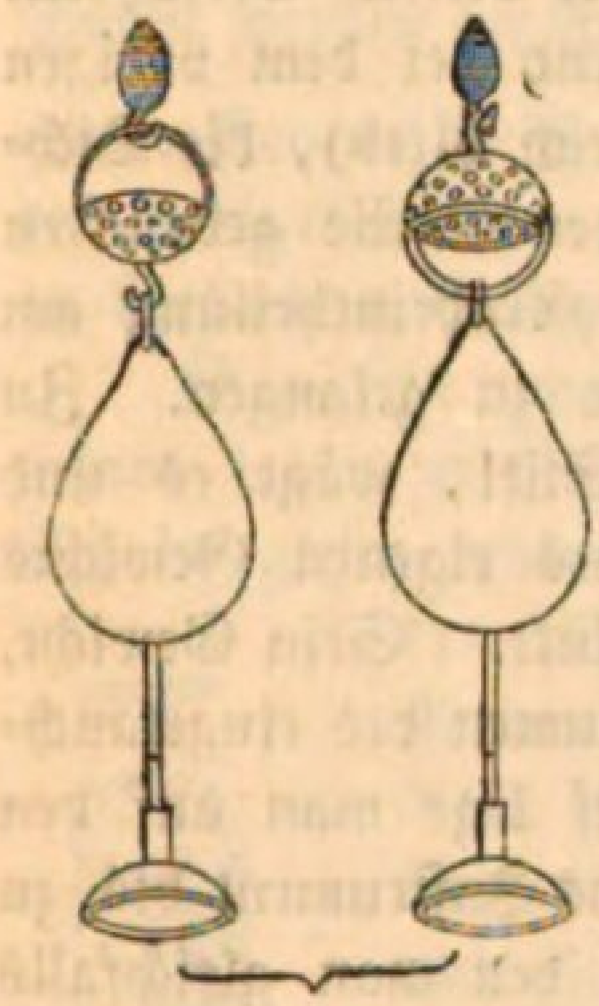
$$p + 1000 : p \pm p' = 1 : s, \text{ also } s = \frac{p \pm p'}{p + 1000}.$$

Um mit Hülfe dieses Instrumentes das specifische Gewicht eines festen Körpers zu bestimmen, legt man den zu untersuchenden Körper erst auf den oberen Teller und legt so viel Gewicht zu, bis das Instrument in Wasser bis zur Marke einsinkt. Hierdurch lernt man das absolute Gewicht des Körpers kennen. Wenn man nämlich ohne den Körper 1000 Gran auflegen muß, um die Marke ins Niveau zu bringen, und mit dem Körper nur p' Gran auflegen muß, so ist das Gewicht des Körpers $p = 1000 - p'$ Gran. Hat man auf diese Weise das absolute Gewicht des Körpers bestimmt, so legt man ihn in den kleinen Eimer am unteren Theile des Instrumentes, und legt auf den Teller Gewichte (p'') auf, bis die Marke wieder ins Niveau kommt. Im Wasser nämlich ist der Körper um so viel leichter als außer dem Wasser, als das Wasser wiegt, welches er aus der Stelle drängt. Hiernach ist das specifische Gewicht des Körpers gegen Wasser = 1 durch die Proportion gegeben: $s : 1 = p : p''$; also $s = \frac{p}{p''}$.

*) Nicholson Natural Philosoph. Vol. II. p. 16. Manchester Memoirs Vol. II. p. 370.

Eine Vervollkommnung hat das Nicholson'sche Instrument durch Charles *) erhalten, welcher seinen Apparat Aräometer-Wage (aréomètre-balance) nannte. Derselbe ist ein Fahrenheit'sches Aräometer, das unten in einen Haken ausgeht, an welchem ein silberner Drahtkorb oder Sieb statt des Eimers am Nicholson'schen Instrumente hängt. (Fig. I.) In diesem Korbe kann sich nicht so leicht wie in dem Eimer unvermerkt Luft verhalten. Unter dem Korbe hängt eine mit Quecksilber gefüllte Glaskugel, welche bewirkt, daß der Schwerpunkt des Apparates nach unten fällt. Die Behandlung des Instrumentes ist ganz dieselbe wie die des Nicholson'schen Aräometers. Aber man kann es auch benutzen, um das specifische Gewicht solcher festen Körper zu bestimmen, welche specifisch leichter als Wasser sind. Wollte man diese Bestimmung mit dem Nicholson'schen Instrumente vornehmen, so würde der leichte Körper in den Eimer gelegt aus diesem von selbst in der Flüssigkeit emporsteigen und in der Flüssigkeit schwimmen. Will man nun das specifische Gewicht eines derartigen Körpers mit dem Charles'schen Aräometer bestimmen, so wägt man ihn wie gewöhnlich erst auf dem oberen Teller. Hierauf hakt man den Korb am Instrumente ab, dreht ihn um, so daß der ganze Apparat nunmehr die nebenstehende Gestalt Fig. II. erhält, und legt den Körper in den Korb, welcher hernach im Wasser sein Emporsteigen hindert. Das Instrument wird aber durch den leichten Körper etwas gehoben. Man bringt durch Auflegen von Gewichten auf den Teller das Instrument abermals zum Normalstande. Das hinzugefügte Gewicht bestimmt den Gewichtsverlust, welchen der Körper im Wasser erleidet, d. h. das Gewicht eines dem seinigen gleichen Volumens Wasser, und dividirt man mit diesem Gewichtsverluste das Gewicht des Körpers in der Luft, so erhält man sein specifisches Gewicht. Man kann indeß auch das Nicholson'sche Instrument zu derartigen Wägungen brauchbar machen, wenn man das unten angebrachte Gefäß zum Umwenden einrichtet, so daß man feste Körper, welche specifisch leichter als Wasser sind, so in das Gefäß legen kann, daß dieses sie an dem Emporsteigen hindert.

I. II.



Guyton de Morveau **) hat ein Gravimeter angegeben, welches im Wesentlichen ebenfalls mit Nicholson's Hydrometer übereinstimmt.

Der Gestalt nach dem Fahrenheit'schen Instrumente verwandt, aber dem Princip nach, auf welchem es beruht, zur Classe der Scalenaräometer gehörig ist folgendes von Biot ***) beschriebene Aräometer.

Anstatt das Aräometer durch Gewichtszulage zum Einsinken bis an ein festes Zeichen zu bringen, kann man es auch bloß soweit eintauchen lassen, als sein Gewicht allein mit sich bringt, und nach der Verschiedenheit der Volumina, die es in jeder Flüssigkeit aus der Stelle drückt, auf deren Dichtigkeit schließen; denn aus der Kenntniß des Gewichtes und Volumens des eingetauchten Theils ergiebt sich sogleich

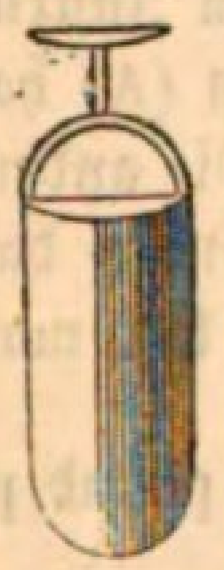
*) Biot traité de physique T. I. p. 433. Fechner's Uebers. Bd. I. S. 370.
**) Ann. de Chim. Vol. XXI. p. 3.
***) Biot's Physik von Fechner Bd. I. S. 365.

nach einem einfachen Verhältniß das absolute Gewicht jedes andern Volumens. Will man jedoch nur die Gewichte verschiedener Flüssigkeiten mit einander vergleichen, so kann man sich dieser Berechnung überheben, indem man immer mit dem nämlichen Aräometer operirt. Drückt dies z. B. von einer Flüssigkeit ein Volumen, welches 16 Cubikcentimeter beträgt, von einer andern ein Volumen von 32 aus der Stelle, so leuchtet ein, daß 32 Cubikcentimeter von letzterer Flüssigkeit so viel wiegen, als 16 von ersterer. Im Allgemeinen werden bei diesem Verfahren, welches das Gewicht des Aräometers ungeändert läßt (während bei dem vorigen Verfahren das Volumen des eingetauchten Theils sich stets gleich blieb), die Dichtigkeiten sich stets umgekehrt wie die vom Aräometer aus der Stelle gedrückten Volumina erhalten. Man braucht mithin nur noch eine Gradeintheilung am Aräometer anzubringen, um zur Kenntniß dieser Volumina zu gelangen. Zu diesem Zweck gebe man ihm einen vollkommen cylindrischen Stiel, wäge es und markire genau den Punkt T, bis zu welchem es vermöge seines eigenen Gewichts bei der Temperatur der größten Wasserdichte einsinkt. Sein Gewicht, in Grammen ausgedrückt, wird alsdann das Volumen des eingetauchten Theils nach Cubikcentimetern geben. Darauf lege man auf den obern Theil des Instruments Gewichte, so daß das Instrument bis zu einem andern, tiefer gelegenen, Punkt einsinkt, den man gleichfalls markirt. Die Summe des Zusatzgewichtes und des eigenthümlichen Gewichtes des Instrumentes wird auch jetzt das Volumen des eingetauchten Theils geben; zieht man dies vom ersten ab, so findet man das Volumen desjenigen Theils vom Stiel, der zwischen beiden markirten Punkten enthalten ist. Kann also derselbe als cylindrisch angenommen werden, so braucht man diesen Zwischenraum nur in eine beliebige Zahl gleicher Theile zu theilen, welche ebensoviel gleichen Volumentheilen entsprechen, deren Verhältniß zum ursprünglichen Volumen, von welchem man ausging, dadurch bekannt sein wird. Gesetzt z. B. jede Abtheilung betrage $\frac{1}{1000}$ davon. Drückt man nun dieses Volumen, das des Theils nämlich, der beim Einsinken des Instruments vermöge seines eignen Gewichts bis zum Strich T in destillirtem Wasser eintaucht, durch 1000 aus, und sieht, daß das Instrument in einer andern Flüssigkeit bis zum zweiten Strich T′ oder bis zum dritten T″ oder bis zum vierten T‴ einsinkt, so wird man wissen, daß die aus der Stelle gedrückten Volumina 1001, 1002 oder 1003 u. s. f. sind, und daraus schließen, daß die Dichtigkeit der Flüssigkeit $\frac{1000}{1001}$ oder $\frac{1000}{1002}$ oder $\frac{1000}{1003}$ von der des Wassers beträgt, sich nämlich umgekehrt wie das Volumen verhält. Man kann sich selbst durch einen ganz einfachen Kunstgriff die Reduction dieser Brüche auf Decimalbrüche ersparen, indem man die Dichtigkeit unmittelbar in Tausendtheilen auffindet. Zu diesem Zwecke macht man die Eintheilungen des Stiels ungleich und verzeichnet die erste T′ in einer Entfernung von T, welche nicht $\frac{1}{1000}$, sondern $\frac{1}{999}$ des ursprünglichen Volumens ausmacht, die zweite T″ $\frac{2}{998}$, die dritte T‴ $\frac{3}{997}$ u. s. f., immer vom Anfangspunkte T an gerechnet. Darauf



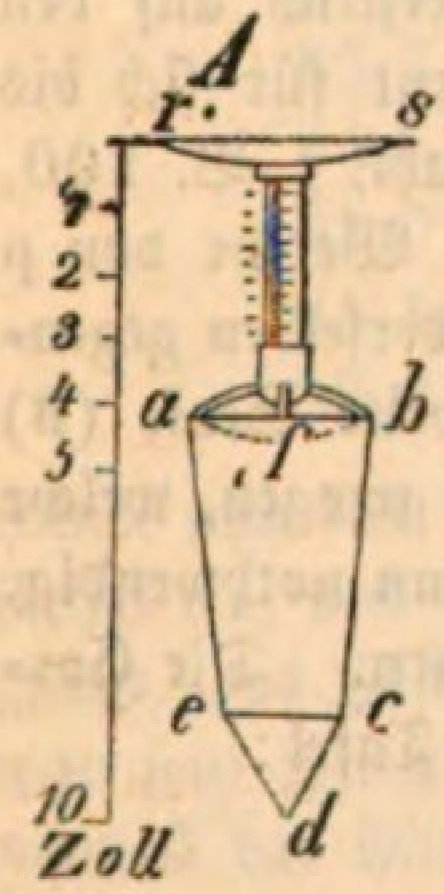
schreibt man zur Seite jeder Eintheilung die Zahlen 999, 998, 997, welche resp. bei Verzeichnung derselben als Divisoren dienten. Denn zu welchem Punkt T′, T″, T‴ des Stiels auch ein so eingerichtetes Aräometer einsinken mag, das ganze Volumen des eingetauchten Theiles wird immer genau durch 1000 ausgedrückt sein, und das ursprüngliche, vom Strich T begränzte, Volumen durch die Zahl, welche dem Punkt zugehört, bis zu dem des Aräometers eingesunken ist. Somit werden die Ausdrücke für die Dichtigkeit sein $\frac{999}{1000}$, $\frac{998}{1000}$, $\frac{997}{1000}$, immer mit einem Nenner gleich 1000. So läßt sich eine Folge von Aräometern verfertigen, deren Eintheilungen von den geringsten bis zu den größten Dichtigkeiten, die man zu beobachten Gelegenheit hat, Dienste zu leisten vermögen.

Eine sehr zweckmäßige Einrichtung hat zuerst Mohs dem Aräometer gegeben, indem er die zweite bei dem Nicholson'schen Instrumente unten befestigte Schale gleich unter dem Halse anbrachte. Hier kann man den abzuwägenden Körper auf die untere Schale bringen, ohne das ganze Instrument aus dem Gefäß, welches die Flüssigkeit enthält, zu heben. Dies ist nämlich darum überaus nachtheilig, weil bei jedem neuen Einsenken Luft am Instrumente adhärirt, welche es unregelmäßig hebt und also die Beobachtungen unrichtig macht.



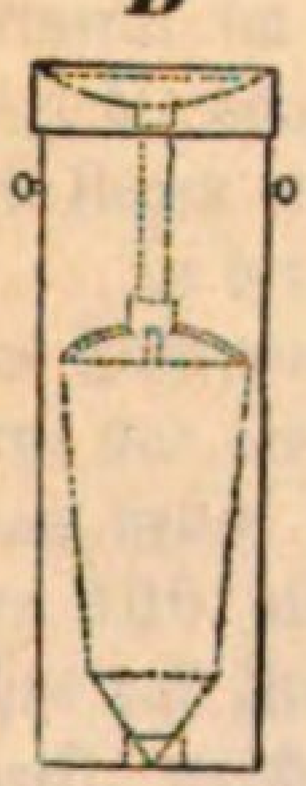
Viel Aehnlichkeit mit den eben beschriebenen Instrumenten haben die Gravimeter von Bustamente und Baumgartner. Sie sind bestimmt, die specifischen Gewichte fester Körper, namentlich Mineralien zu entdecken.

A

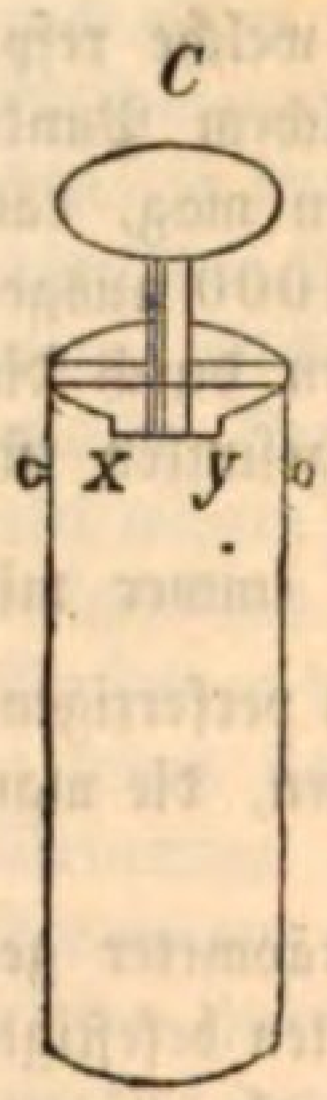


Bustamente's*) Instrumente sieht man in den nebenstehenden Abbildungen. Der kegelförmige Körper a b c d e (Fig. A) ist hohl von Metallblech und mit der nöthigen Belastung von Schrot versehen; seine schüsselförmige Deckplatte a f b dient statt des Eimers (der unteren Schale) am Nicholson'schen Instrument. Der Hals ist von Glas und mit einer in gleich große Theile getheilten Scale versehen; oben trägt er den Teller. Fig. B. zeigt das Instrument in der zinnernen Büchse, in welche es beim Transport eingeschlossen wird; diese Büchse dient auch zur Aufnahme des Wassers, welches zum Gebrauch des Instruments erfordert wird. Das Instrument ist so abgeglichen, daß es, unbeschwert, bis zur Basis a b des Kegels in Wasser einsinkt; um es bis zum Mittelpunkt der Scale, dessen Lage übrigens willkürlich ist, zu versenken, muß man auf den oberen Teller ein gewisses Gewicht legen. Ist dies geschehen, und will man nun ein Mineral auf sein specifisches Gewicht untersuchen, so legt man auch dieses zuvörderst auf den oberen Teller. Dadurch sinkt das Instrument bis zu einem gewissen Punkt ein, z. B. bis zum Strich 51 der Scale. Hierauf bringt man das Mineral aus dem Teller r s in die untere Schüssel a f b, ohne das Zulage-Gewicht vom Teller zu nehmen. Jetzt wird das Instrument weniger tief, z. B. bis zum Theilstrich 34 einsinken. Aus diesen beiden Bestimmungen ergiebt sich nun das specifische Gewicht des Minerals; es ist $= \frac{51-0}{51-34} = 3$. Da es etwas schwie-

B



*) Handwörterbuch d. Chem. v. Liebig, Poggendorff u. Wöhler. Bd. I. S. 484.



rig ist, genau zu beobachten, welcher Strich der Scale ins Niveau der Flüssigkeit fällt, besonders hier, wo die Abtheilungen klein sind und das Instrument von einer Metallbüchse umgeben ist, so werden die Senkungen des Instruments an zwei seidenen Fädchen abgelesen, die dies- und jenseits seines Halses quer über die Büchse ausgespannt und außerhalb an Knöpfchen befestigt sind, wie es Fig. C zeigt. Die Ablesung geschieht dann durch den Ausschnitt x y und ist allerdings einer bedeutenden Genauigkeit fähig; wenn indeß das Resultat einen gleichen Grad von Genauigkeit haben soll, so muß freilich auch eine Berichtigung für die Veränderung angebracht werden, welche der Wasserspiegel durch das mehr oder minder beträchtliche Einsenken des Aräometers und durch die Einführung des gewogenen Körpers in das Wasser erfährt.

Baumgartner's*) Aräometer ist in der Hauptsache dem eben beschriebenen ähnlich; nur hat es die Gestalt des Nicholson'schen Instruments und ist am Halse mit zwei Scalen versehen. Die eine dieser Scalen (A) hat gleich große Theile und zählt, von unten nach oben, von 1 bis 100. Die andere (B) hat eine ungleichförmige Theilung und beruht auf Folgendem: Wenn p das Gewicht eines Körpers in Luft und p' dasselbe in Wasser bezeichnet, so hat man für sein specifisches Gewicht s den Ausdruck $s = \frac{p}{p - p'}$. Die Gewichte p und p' sind gegeben an der Scale (A) durch die Punkte, bis zu welchen das Instrument einsinkt, wenn man den zu wägenden Körper, z. B. ein Mineral, erstlich auf den Teller oben und dann in den Eimer unten legt, und das Instrument für sich bis zum Nullpunkt dieser Scale eintaucht. Ist nun p eine constante Zahl, z. B. 100, so entspricht jedem p' ein gewisses s, und wenn die verschiedenen Werthe von p durch die Theilstriche von A vorgestellt werden, so wird man jedem derselben gegenüber den entsprechenden Werth von s schreiben können. Die zweite Scale (B) giebt nun diese Werthe von s, und zwar sind nur solche Theilstriche gezogen, welche gleich großen Unterschieden dieser Werthe entsprechen, wodurch sie dann nothwendig, der obigen Formel gemäß, ungleiche Abstände von einander bekommen. Die Correspondenz der Theilstriche beider Scalen ergiebt sich durch folgende Tafel:

---

*) Baumgartner's und Ettinghausen's Zeitschrift Bd. I. S. 1. Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 484.

Entsprechende Theile		Entsprechende Theile		Entsprechende Theile	
der Scale (A)	der Scale (B)	der Scale (A)	der Scale (B)	der Scale (A)	der Scale (B)
100		83,4	6,0	52,4	2,1
95,0	20	82,8	5,8	50,0	2,0
94,8	19	82,2	5,6	48,8	1,95
94,5	18	81,5	5,4	47,4	1,90
94,1	17	80,8	5,2	45,8	1,85
93,7	16	80,0	5,0	44,5	1,80
93,3	15	79,2	4,8	42,9	1,75
92,9	14	78,3	4,6	41,2	1,70
92,3	13	77,3	4,4	39,4	1,65
91,7	12	76,2	4,2	37,5	1,60
91,3	11,5	75,0	4,0	35,5	1,55
91,0	11	73,7	3,8	33,3	1,50
90,5	10,5	72,2	3,6	31,0	1,45
90,0	10	70,6	3,4	28,6	1,40
89,5	9,5	68,8	3,2	25,9	1,35
88,9	9,0	66,7	3,0	23,0	1,30
88,3	8,5	65,5	2,9	20,0	1,25
87,5	8,0	64,3	2,8	16,7	1,20
86,8	7,5	63,0	2,7	13,0	1,15
85,7	7,0	61,5	2,6	9,1	1,10
85,5	6,8	60,0	2,5	4,8	1,05
85,0	6,6	58,3	2,4	0,0	1,00
84,4	6,4	56,5	2,3		
83,9	6,2	54,6	2,2		

Sinkt nun das Instrument für sich bis zum Nullpunkte der Scale (A) in die Flüssigkeit ein, und hat das Mineral ein solches Gewicht, daß es, auf den oberen Teller gelegt, das Instrument bis zum Punkt 100 derselben Scale herabdrückt, so findet man sein specifisches Gewicht ohne Rechnung durch die Scale (B). Man braucht nämlich das Mineral nur in den unteren Eimer zu legen und an der Scale (B) den Punkt abzulesen, der im Niveau der Flüssigkeit liegt. Die beigefügte Zahl giebt unmittelbar das specifische Gewicht. Sänke das Instrument, während das Mineral im untern Eimer liegt, bis zum Punkt 68,8 an der Scale (A) ein, so zeigt die obige Tafel, daß an der Scale (B) der Punkt 3,2 im Niveau der Flüssigkeit liegen würde. Es wird also 3,2 das specifische Gewicht des Minerals sein.

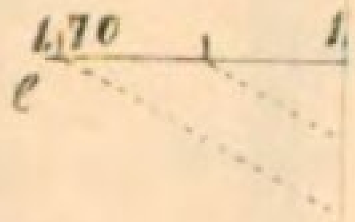
In der Regel wird das Mineral, wenn es sich in dem oberen Teller befindet, das Instrument nicht gerade bis zum Punkt 100 der Scale (A) herabdrücken, sondern nur bis zu irgend einem andern Punkte, z. B. bis 80. In diesem Falle legt man neben das Mineral auf den Teller noch so viel Gewicht, daß der Punkt der 100 ins Niveau der Flüssigkeit tritt. Dann bringt man das Mineral, ohne das Zulage-Gewicht aus dem Teller zu nehmen, in den Eimer unten, und bemerkt, welcher Punkt der Scale (B) einspielt. Wäre dies z. B. der Punkt 4, so hat man 4 mit 80 zu multipliciren und durch 100 zu dividiren. Die dadurch

erhaltene Zahl 3,2 ist das specifische Gewicht des Minerals gegen das des Wassers = 1. Der Grund dieser Rechnung wird aus Folgendem erhellen: Wenn das Gewicht des Körpers in der Luft, statt p zu sein, nur m p ist, so geht auch sein Gewicht in Wasser aus p′ im m p′ über. Entsprechende Scalen wird man an der Scale (A) ablesen. Fügt man nun zu m p ein Gewicht a, so daß $mp + a = p$, so sinkt das Instrument, an der Scale (A) gemessen, wenn das Mineral im obern Teller liegt, bis zum Punkt $mp + a = p$ ins Wasser, und wenn es unten im Eimer liegt, bis zum Punkt $mp' + a$. Statt des obigen Ausdruckes für s hätte man also den folgenden: $\frac{mp + a}{(mp + a) - (mp' + a)} = \frac{mp + a}{(p - p')m}$ und dies würde der Punkt der Scale (B) sein, welcher, unter den genannten Bedingungen, im Wasserspiegel liegt. Klar ist nun, daß, wenn man diesen Ausdruck mit m p multiplicirt und durch $mp + a$ dividirt, man wieder auf den früheren Werth von s zurückkommt, für welchen die Tafel und die Scale (B) entworfen ist. Daraus ergiebt sich dann die obige Regel. Unter m wurde hier irgend ein ächter Bruch verstanden; einleuchtend ist aber, daß es auch ein unächter Bruch oder eine ganze Zahl sein könnte, in welchem Falle das Mineral mehr als 100 wiegen würde und das Zulage-Gewicht negativ sein müßte.

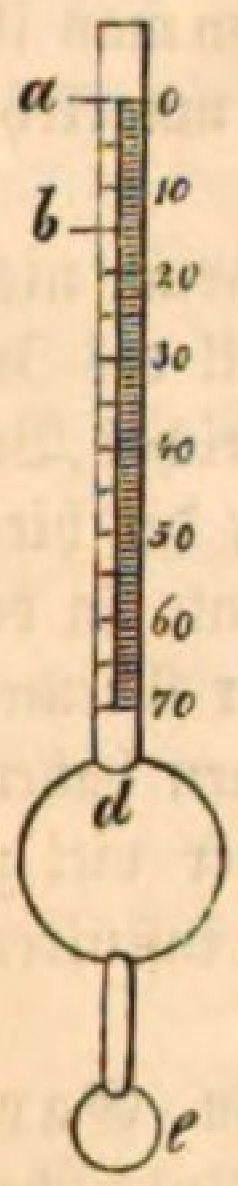
Im Allgemeinen ist noch in Bezug auf die Gewichtsaräometer zu erinnern, daß der Hals des Instrumentes weder allzu dick noch allzu dünn sein darf. Ein zu dicker Hals macht das Instrument unempfindlich; ein zu dünner Hals begünstigt die Adhäsion der Flüssigkeit zu sehr und macht also ebenfalls das Instrument unempfindlich. Die Marke kann man durch einen Feilstrich am Halse bezeichnen. Aber durch jede derartige Vertiefung wird wieder die Adhäsion der Flüssigkeit begünstigt. Ein vorstehender kleiner Zapfen, Wulst u. dergl. hätte noch größere Nachtheile. Besteht der Hals aus einer dünnen Glasröhre, so kann man die Marke durch ein in das Röhrchen geschobenes Papier, auf welchem ein Strich gezeichnet ist, sehr bequem anbringen. Bei einem Halse von Stahl bewirkt man die Marke am besten dadurch, daß man den untern Theil des Halses bis zur Marke blau anlaufen läßt, den obern Theil aber wieder blank polirt.

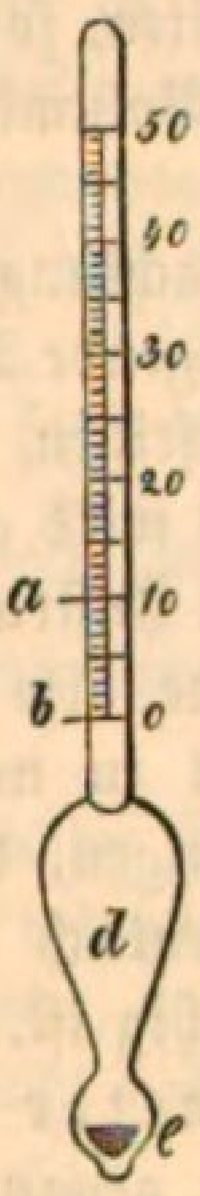
Man pflegt die obere Schale des Instrumentes mit Armen zu versehen, welche verhindern sollen, daß das Aräometer nicht bei zu starker Belastung ganz untersinke. Diese Vorrichtung macht aber das Instrument ungenau und ist überflüssig, zumal wenn man sich zur Aufnahme der Flüssigkeit, in welcher die Versuche angestellt werden sollen, eines Gefäßes bedient, das nicht tief genug ist, um ein Versinken des Aräometers zu gestatten.

Die Scalenaräometer haben im Allgemeinen einen viel längeren Hals und einen kleineren Körper als die Gewichtsaräometer, auch haben sie anstatt der Scale, in welche die meisten Gewichtsaräometer oben ausgehen, und anstatt der Marke, bis zu welcher sie stets eingesenkt werden, eine Scale, welche bei den gläsernen Instrumenten in der Regel so angebracht wird, daß man sie auf einem Papierstreifen verzeichnet und in den aus einer Glasröhre bestehenden Hals hineinschiebt, wo sie dann mit etwas Siegellack in der gehörigen Stellung befestigt werden. Die den Hals bildende Glasröhre wird dann oben zugeschmolzen. Bei den metallenen Instrumenten wird die Scale eingravirt. Der Körper pflegt kugel- oder birnförmig, wohl auch cylindrisch zu sein. Unter demselben ist, wie bei den


4,70
e

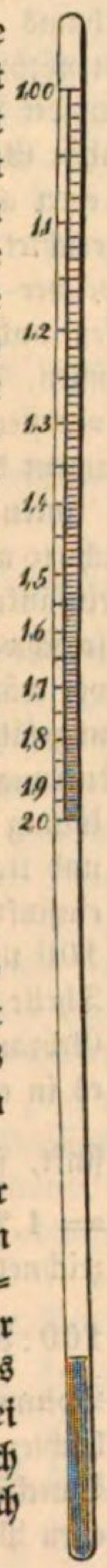
I. II.

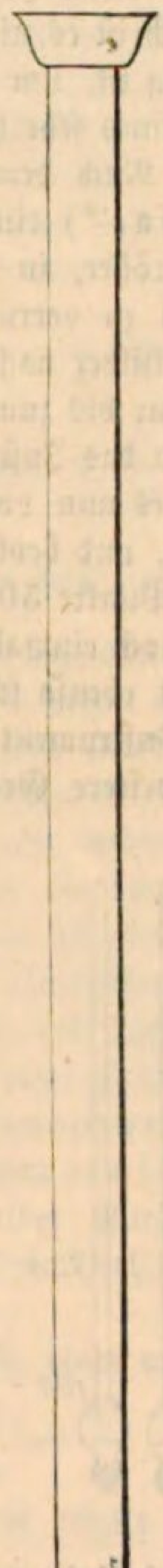




Gewichtsaräometern und aus demselben Grunde, eine schwerere Kugel (e) angebracht. Das Instrument soll auch in dem Falle, daß sein ganzer Hals außerhalb der Flüssigkeit sich befände, noch in senkrechter Stellung schwimmen. Je dünner im Allgemeinen der Hals des Instrumentes gegen den Körper desselben ist, desto empfindlicher wird das Instrument, d. h. desto mehr steigt oder sinkt es, wenn das specifische Gewicht der Flüssigkeit, in welche es eingetaucht ist, sich ändert. Indeß darf der Hals nicht allzu dünn gemacht werden, damit er nicht leicht zerbrochen oder verbogen werden, damit die Scale mit der nöthigen Deutlichkeit gefertigt werden kann und damit der Hals nicht allzu lang gemacht werden darf; der Körper darf nicht zu dick sein, damit man nicht allzu große Quantitäten Flüssigkeit zu verwenden nöthig habe. Die aus Glas verfertigten Scalenaräometer haben gewöhnlich die Gestalt wie Fig. II. In der unteren Kugel e befindet sich etwas Quecksilber oder Schrot. Die metallenen Scalenaräometer bestehen aus dünnem Messing- oder Silberblech, welches letztere den Vorzug hat, daß es von sauren und salzigen Flüssigkeiten nicht angegriffen wird, und pflegen eine Gestalt wie Fig. I. zu haben. Die beiden Kugeln e und d sind durch eine dünne Röhre f verbunden. Der Hals ist entweder cylinderförmig (wie bei den gläsernen Instrumenten) oder ein schmales vierkantiges Stäbchen. Eine abweichende Gestalt haben die gläsernen Aräometer, welche zuerst Richter*) angegeben, in neuerer Zeit Prof. Meißner**) in Wien wieder in Aufnahme gebracht hat. Dieselben bestehen in einfachen Glasröhren (Fig. III., IV. und V.), welche an beiden Enden zugeschmolzen, ungefähr 20 Zoll lang und unten mit Quecksilber oder Schrot beschwert sind. Dazu gehört ein eigenes langes und enges Gefäß, das oben trichterförmig erweitert ist und in einem hölzernen Fuße festgestellt werden kann.

III. IV. V.







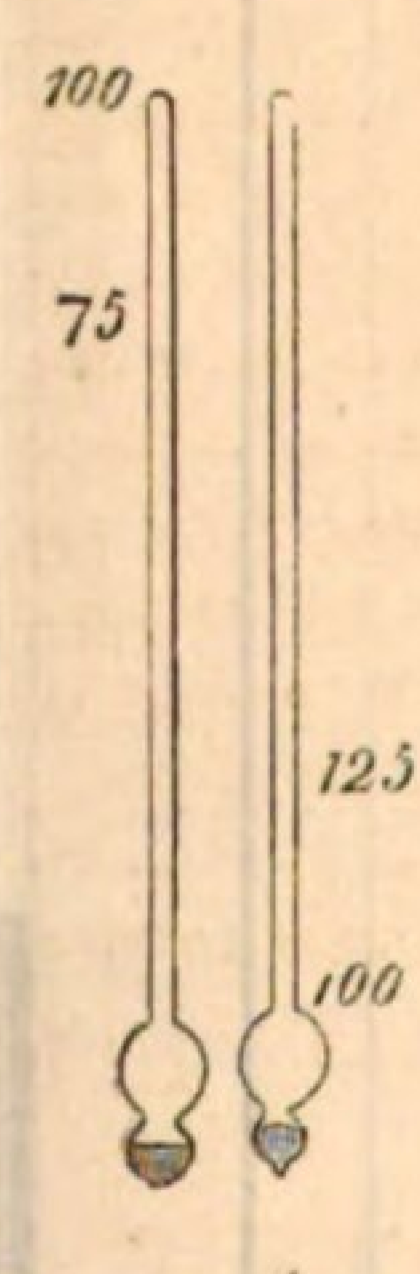
Die Scalenaräometer unterscheiden sich unter einander hauptsächlich durch die Einrichtung, welche man der an ihnen angebrachten Scale gegeben hat. Am nächsten liegt es, die Scale so einzurichten, daß man an ihr das Volumen des eingesenkten Theiles des Instrumentes direct ablesen kann. Findet man dieses Volumen bei zwei verschiedenen Flüssigkeiten v und v′, so sind v und v′ auch die Volumina der verschiedenen Flüssigkeiten, welche gleich

*) Ueber die neueren Gegenstände der Chemie. Bd. V. S. 51.
**) Meißner, Aräometrie.

viel, nämlich ebenso viel wie das ganze Instrument wiegen. Kennt man aber diese gleich viel wiegenden Volumina der verschiedenen Flüssigkeiten, so kann man ihr specifisches Gewicht leicht berechnen, da man weiß, daß sich die Volumina umgekehrt verhalten wie die specifischen Gewichte. (S. oben.)

Es muß bemerkt werden, daß die eben angeführte Betrachtung darum nicht ganz richtig ist, weil der jedesmal aus der Flüssigkeit herausragende Theil des Instrumentes mit um so weniger Gewicht wirkt, als ein dem seinen, gleiches Volumen Luft wiegt. Hierauf ist keine Rücksicht genommen. Es wird aber der hieraus sich ergebende Irrthum desto größer sein, je mehr von dem Instrumente in der Luft sich befindet und je schwerer die Luft eben ist. Man würde also zur Vermeidung dieses Irrthums auch auf den Barometerstand Rücksicht zu nehmen haben. Jedoch ist es nicht nöthig, diesen Einfluß der Luft zu berücksichtigen, da er viel zu gering ist, um auf die Beobachtungen eines Instrumentes wesentlich zu influiren, das eines sehr hohen Grades von Genauigkeit ohnehin nicht fähig ist.

Nach dem eben angegebenen Principe ist das Volumeter von Gay-Lussac *) eingerichtet. Dasselbe besteht aus einer möglichst genau cylindrischen Glasröhre, in welcher sich etwas Quecksilber befindet, um den Schwerpunkt nach unten zu verrücken und ein tieferes Einsinken zu bewirken. Man kann so lange Quecksilber nachfüllen, bis das Instrument in reinem Wasser von der Normaltemperatur bis zum obersten Punkte einsinkt. Dieser Punkt wird mit 100 bezeichnet. Wenn das Instrument durchgängig denselben äußeren Durchmesser hätte, so könnte man es nun von unten nach oben seiner ganzen Länge nach in 100 Theile zerlegen, und beobachtete man hernach z. B., daß es in einer anderen Flüssigkeit bis zum Punkte 50 einsänke, so würde man hieraus erkennen, daß die zweite Flüssigkeit noch einmal so schwer als Wasser wäre, weil ein gewisses Volumen dieser Flüssigkeit ebenso schwer wäre, wie ein doppelt so großes Volumen Wasser. Hat aber das Instrument ungefähr die Gestalt der nebenstehenden Zeichnung, so kann man die weitere Graduirung auch folgendermaßen bewirken. Man stelle eine Salzlösung her, welche ein specifisches Gewicht von $^4/_3$ oder 1,33 hat, und trage an dem Punkte, bis zu welchem in ihr das Instrument einsinkt, 75 (oder $^3/_4$ von 100) auf. Den Abstand beider Theilstriche 100 und 75 theile man in 25 gleiche Theile, und gleich große Theile trage man dann unterhalb 75 auf die Glasröhre. Der Gebrauch des Instrumentes ist leicht zu übersehen. Senkt man es in eine Flüssigkeit, in welcher es bis zum Theilstriche 80 einsinkt, so ist das specifische Gewicht dieser Flüssigkeit gleich $\frac{100}{80}$ $= 1,25$, weil, wenn 1 das specifische Gewicht des Wassers bezeichnet, s das specifische Gewicht der betreffenden Flüssigkeit, $100 : 80 = s : 1$ oder $s = \frac{100}{80} = 1,25$ ist. Will man ein Volumeter herstellen, welches bei Flüssigkeiten anwendbar ist, die leichter als Wasser sind, so bringt man in die Röhre nur so viel Quecksilber, daß das Instrument im reinen Wasser bis zu einem ziemlich tief gelegenen Punkte einsinkt. Diesen Punkt bezeichnet man wieder mit



*) Lamé, cours de physique. Tome I. p. 134.

100. Hierauf belastet man den oberen Theil des Instrumentes mit einem Gewichte, welches gleich ist dem vierten Theil des Gewichtes des ganzen Instrumentes. Dann sinkt dieses tiefer in Wasser ein; sein gegenwärtiges Gewicht verhält sich zu seinem früheren wie 5 : 4 oder wie 125 : 100. Man bezeichnet also den Punkt, bis zu welchem es jetzt einsinkt, mit 125 und theilt den Abstand beider Punkte in 25 gleiche Theile, welche Eintheilung man dann nach oben noch weiter fortsetzen kann. Statt dessen kann man auch das zweite Mal das Instrument in Weingeist einsenken, dessen specifisches Gewicht $= 0{,}8 = \frac{100}{125}$ ist. Immer ist bei diesem Instrumente vorausgesetzt, daß wenigstens der graduirte Theil von genau cylindrischer Form sei.

Eine andere Scale ist diejenige, welche die specifischen Gewichte der Flüssigkeiten direct erkennen läßt. Hat man drei verschiedene Flüssigkeiten, deren specifische Gewichte s, s' und s'' sind, und sind die Volumina dieser Flüssigkeiten, welche gleiches Gewicht haben, v, v' und v'', so hat man folgende Proportionen:
1) $v : v' = s' : s$, 2) $v : v'' = s'' : s$, 3) $v' : v'' = s'' : s'$, folglich auch: $v' - v : v' = s - s' : s$ aus 1., $v'' - v : v'' = s - s'' : s$ aus 2. Also $v' - v = \frac{v'(s - s')}{s}$ und $v'' - v = \frac{v''(s - s'')}{s}$; und hieraus $\frac{v' - v}{v'' - v} = \frac{v'(s - s')}{s} : \frac{v''(s - s'')}{s} = \frac{v'(s - s')}{v''(s - s'')}$. Setzt man hierein aus 3. $\frac{s''}{s'}$ für $\frac{v'}{v''}$, so erhält man: I) $\frac{v' - v}{v'' - v} = \frac{s''}{s'} \cdot \frac{s - s'}{s - s''}$. Ist nun das specifische Gewicht der ersten Flüssigkeit s und das der dritten s'' bekannt, und bezeichnet man an dem eingesenkten Instrumente die Punkte, bis zu denen es in der ersten und in der dritten Flüssigkeit einsinkt, so ist $v'' - v$ der Abstand dieser beiden Punkte auf dem Instrumente. Senkt man das Instrument nunmehr in die zweite Flüssigkeit von dem specifischen Gewichte s', so sinkt es bis zu einem Punkte ein, welcher um $v' - v$ von dem Punkte absteht, welcher dem zuerst notirten Punkte (in der ersten Flüssigkeit) entspricht. Die Abstände $v' - v$ und $v'' - v$ verhalten sich aber, wie man aus der sub I abgeleiteten Gleichung ersieht, nicht wie die Unterschiede der specifischen Gewichte $s - s'$ und $s - s''$. Daher dürfen die Grade des Abstandes $v'' - v$, wenn sie die specifischen Gewichte angeben sollen, einander nicht gleich sein. Man würde also keine richtige Scale erhalten, wenn man zwei Normalpunkte am Instrumente durch Einsenken desselben in zwei verschiedene Flüssigkeiten von bekanntem specifischen Gewichte bestimmen und hernach den Abstand beider Punkte in gleiche Theile zerlegen, zu den Theilstrichen aber die nach demselben Verhältnisse berechneten specifischen Gewichte schreiben wollte.

Setzt man in die Gleichung I für s' das specifische Gewicht einer anderen Flüssigkeit s_1, welcher das Volumen v_1 entspricht, so hat man II) $\frac{v_1 - v}{v'' - v} = \frac{s''}{s_1} \cdot \frac{s - s_1}{s - s''}$ und zieht man nun diese Gleichung von der Gleichung I ab, so erhält man: III) $\frac{v' - v_1}{v'' - v} = \frac{s'' s (s_1 - s')}{s' s_1 (s - s'')}$. Nimmt man nun $s_1 - s' = \delta$ als denjenigen Unterschied der specifischen Gewichte an, dem die einzelnen Theilstriche der Scale

entsprechen sollen, und setzt diesen Werth von $s_1 - s'$, sowie den Werth von $s_1 = s' + \delta$ in die Gleichung III, so kommt $\frac{v' - v_1}{v'' - v} = \frac{s'' \, s \, \delta}{s' \, (s' + \delta) \, (s - s'')}$. Hieraus folgt, daß ein Grad $(v' - v_1)$ desto größer ist, je kleiner s' ist, und desto kleiner, je größer s'; d. h. ein solches Aräometer ist empfindlicher für die specifisch leichteren Flüssigkeiten als für die specifisch schwereren.

Die Construction der Aräometer-Scale ist nach dem Gesagten folgende. Nachdem man sich überzeugt hat, daß der Hals des Instrumentes durchweg von derselben Dicke sei, taucht man es nach einander in zwei verschiedene Flüssigkeiten *), deren (möglichst unterschiedene) specifische Gewichte man genau kennt, und notirt am Halse die Punkte, bis zu denen das Aräometer einsinkt. Den Abstand beider Punkte theilt man vorläufig in eine möglichst große Anzahl gleicher Theile, z. B. 100, und berechnet dann nach der Formel I für die eigentliche Scale die Größe $v' - v$, d. h. den Abstand der einzelnen Theilstriche von demjenigen Punkte, welcher der Flüssigkeit mit dem größten specifischen Gewichte entspricht, indem man dabei $v'' - v = 100$ nimmt und dem s' der Formel nach einander die Werthe $s - \delta$, $s - 2\delta$, $s - 3\delta$ ꝛc. giebt, wo δ diejenige Differenz im specifischen Gewichte bezeichnet, welche einem Grade der Scale entsprechen soll. So erhält man den Abstand der Scalenstriche vom ersten derselben ausgedrückt in Theilen der vorläufig gemachten gleichmäßigen Theilung und kann demnach die richtige Scale auf den Hals des Instrumentes auftragen **).

Baumgartner ***) sagt über die Herstellung der Scale Folgendes. Manche Künstler verrichten die Construction der Scale des Aräometers dadurch, daß sie den Körper des zu verfertigenden Instrumentes in mehrere Flüssigkeiten von bekannter Dichte (specifischem Gewichte) senken und die Einsenkungspunkte als Theilpunkte der neuen Scale betrachten. Allein diese Arbeit führt selten zu einem richtigen Resultate, weil bei der Bestimmung der Dichte der Flüssigkeiten meistens Fehler begangen werden, die nicht übersehen werden dürfen, um so mehr, als diese Bestimmung selbst, wenn die Arbeit nicht übermäßig langwierig ausfallen soll, meistens mit einem Scalenaräometer vorgenommen wird und daher ein richtiges Instrument der Art voraussetzt. Für den rationellen Künstler giebt es zwei Methoden, die Scale zu bestimmen; bei der einen werden alle Hauptpunkte der Scale unmittelbar durch Versuche bestimmt, bei der andern braucht man nur die zwei äußersten Punkte durch den Versuch zu bestimmen, die übrigen findet man durch zweckmäßige Abtheilung ihres Abstandes. Jene ist anwendbar, der Hals des Instrumentes mag was immer für eine Gestalt heben, diese nur für einen (genau) cylindrischen oder prismatischen Hals.

Das Wesen der ersteren Methode rührt von Brisson her und besteht darin, daß man, um einen Theilpunkt der Scale zu finden, das Gewicht des Instruments so abändert, daß es in reinem Wasser bis zu der Stelle einsinkt, wohin es sich ohne Aenderung des Gewichtes in jener Flüssigkeit einsenken würde, welche die

---

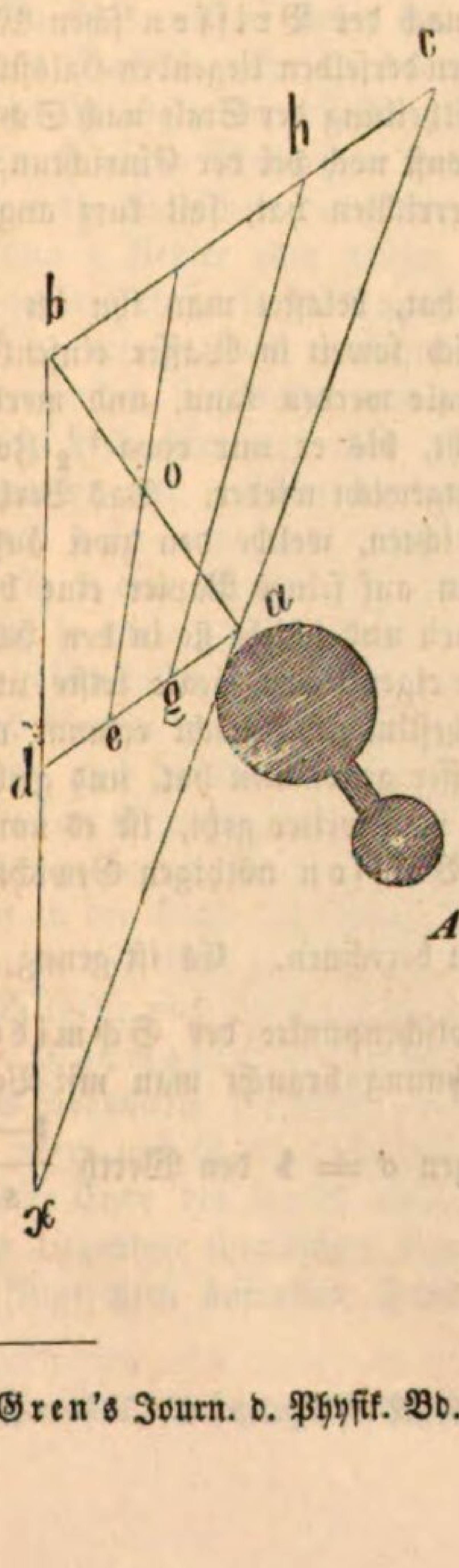
*) Nächst dem reinen Wasser empfiehlt sich hierzu namentlich die concentrirte Schwefelsäure, welche mit Leichtigkeit stets von derselben Dichte erlangt werden kann und ein specifisches Gewicht = 1,85 hat, also fast noch einmal so schwer als Wasser ist.

**) Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. Bd. I. S. 460.

***) Baumgartner's Naturlehre. Supplementband S. 79.

diesem Theilstriche entsprechende Dichte hat. Um die hierzu nöthige Gewichtsänderung des Instrumentes zu finden, dient die Formel $p_1 - p = p\frac{(\sigma - s)}{s}$, wo p das bleibende Gewicht des Instruments ist, welches wir das Normalgewicht nennen wollen, und p_1 dasjenige, welches das Instrument haben muß, damit es sich im Wasser, dessen Dichte $= \sigma - 1$ ist, ebenso weit einsenke, wie unter dem Normalgewichte in die Flüssigkeit, deren Dichte s heißt. Ist $\sigma < s$, so wird $p_1 - p$ negativ, d. h. das Gewicht des Instrumentes muß vermindert werden. Man kann die Arbeit bedeutend abkürzen, wenn man für die gewöhnlichen Werthe von s vorläufig den Bruch $\frac{\sigma - s}{s}$ berechnet und die gefundenen Zahlen in eine Tabelle bringt, wie dieses in der Folge geschehen wird.

Die zweite der oben genannten Methoden wurde von G. G. Schmidt *) angegeben. Um sie deutlich zu machen, sei die nebenstehende Figur ein Aräometer,



dessen Hals ab mit einer Scale versehen werden soll, so daß z. B. das Instrument in reinem Wasser von bestimmter Temperatur bis a einsinke. Man suche das Gewicht des Instrumentes p und das Zulegegewicht p_1, welches nothwendig ist, um die Einsenkung bis b zu bewirken. Man errichte hierauf links und rechts auf ab die zwei senkrechten Linien ad und bc, die sich zu einander verhalten, wie p zu $p + p_1$, so daß man hat $ad : bc = p : p + p_1$. Nun theile man sowohl ad als bc in so viele gleiche Theile, als Striche der Scale zwischen a und b fallen sollen, und verbinde zwei so zusammengehörige Theilpunkte durch eine gerade Linie mit einander. Da, wo diese Verbindungslinien ab treffen, bezeichnen sie die Stellen der Scalentheilung, die den um gleiche Differenzen wachsenden Dichten entsprechen. Daß dieses Verfahren richtig sei, zeigt sich durch folgende Betrachtung. Es sei o ein Punkt der Scale, welcher der Dichte s_1 entspricht, während zu den Punkten a und b die Dichten 1 und s gehören. Da sich die specifischen Gewichte umgekehrt verhalten wie die Volumina, so hat man $1 : s = Ab : Aa$, folglich $1 - s : s = Ab - Aa : Aa = ab . Aa$ oder $ab = \frac{Aa\,(1-s)}{s}$

Ebenso ist $1 : s_1 = Ao : Aa$, folglich

*) Gren's Journ. d. Physik. Bd. III. S. 364.

$1-s_1 : s_1 = Ao - Aa : Aa = ao : Aa$ oder $ao = \frac{Aa\,(1-s_1)}{s_1}$. Mithin: $ob = ab - ao = \frac{Aa\,(1-s)}{s} - \frac{Aa\,(1-s_1)}{s_1} = \frac{Aa\,(s_1-s)}{s\,s_1}$. Folglich $ao : ob = 1 - s_1 : \frac{s_1-s}{s}$. Sucht man nach der vorhergehenden Construction den Punkt s_1, so findet man ihn dadurch, daß man $ad : bc = s : 1$, d. h. $bc = \frac{ad}{s}$ macht, ad sowohl als bc in $1-s$ gleiche Theile theilt, und in ersterer Linie e, in letzterer f so nimmt, daß $ae = ad. \frac{1-s_1}{1-s}$ und $bf = bc. \frac{s-s_1}{1-s} = \frac{ad}{s} \cdot \frac{s-s_1}{1-s}$ wird. Es ist also auch hier wegen $ae : bf = ao : ob$ das Verhältniß der letzteren Größen wie oben.

Die Brisson'sche Methode ist zwar allgemein anwendbar, fordert aber viel Arbeit. Man verringert diese bedeutend, ohne der Richtigkeit des Resultates zu nahe zu treten, wenn man nur so viel Scalenpunkte nach der Brisson'schen Methode bestimmt, als nöthig sind, um die zwischen je zweien derselben liegenden Halsstücke als cylindrisch ansehen zu können, und die weitere Abtheilung der Scale nach Schmidt ausführt. Wie man sowohl diese als auch die sonst noch bei der Einrichtung eines Scalenaräometers nothwendigen Arbeiten zu verrichten hat, soll kurz angegeben werden.

Wenn man den Aräometerkörper gewählt hat, belastet man ihn im untern Theile mit Quecksilber oder Bleischrot, bis er sich soweit in Wasser einsenkt, daß der Einsenkungspunkt der unterste Punkt der Scale werden kann, und merkt sein Gewicht an. Hierauf vermehrt man sein Gewicht, bis er nur etwa $^1/_2$ Zoll aus dem Wasser herausragt, und notirt sein Gesammtgewicht wieder. Das Verhältniß dieser zwei Gewichte giebt bekanntlich das der Dichten, welche den zwei äußersten Scalenpunkten entsprechen. Hierauf zeichnet man auf feines Papier eine beliebig eingetheilte und bezifferte Scale, rollt sie zusammen und schiebt sie in den Hals des Aräometers, damit sie einstweilen den Dienst der eigentlichen Scale leiste und die Einsenkungspunkte bei der eigentlichen Scalenbestimmung leicht erkannt werden können, wenn man das Instrument aus dem Wasser genommen hat, und giebt dem Instrumente genau das Normalgewicht. Bevor man weiter geht, ist es nothwendig, die zur Bestimmung der Scalenpunkte nach Brisson nöthigen Gewichte, der Formel $p_1 - p = p\left(\frac{\sigma - s}{s}\right)$ gemäß, vorläufig zu berechnen. Es ist genug, wenn man s stets um 0,1 wachsen läßt und die Zwischenpunkte der Schmidt'schen Methode überläßt. Zur Erleichterung der Rechnung braucht man mit Vortheil folgende Tafel, welche den Bruch $\frac{\sigma - s}{s}$ oder wegen $\sigma = 1$ den Werth $\frac{1-s}{s}$ ein für allemal angiebt.

s	$\frac{1-s}{s}$	s	$\frac{1-s}{s}$
0,700	+ 0,42857	1,400	— 0,28571
0,800	+ 0,25000	1,500	— 0,33333
0,900	+ 0,11111	1,600	— 0,37500
1,000	0,00000	1,700	— 0,41176
1,100	— 0,09091	1,800	— 0,44444
1,200	— 0,16667	1,900	— 0,47368
1,300	— 0,23077	2,000	— 0,50000

Wird nun das Normalgewicht p mit jedem dieser Brüche multiplicirt, so erhält man das Gewicht, welches zugesetzt oder weggenommen werden muß, um die Scalenpunkte zu finden, welche den obigen Werthen von s entsprechen, soweit diese in die Scale fallen.

Zur weitern Ausführung wird das Aräometer an eine Wage so befestiget, daß dessen Hals vertical steht, bis zu dem Punkte, der dem specifischen Gewichte des reinen Wassers entspricht, bei 14° Reaumur in dasselbe getaucht, und an der Wage ins Gleichgewicht gestellt. Ist dieses geschehen, so giebt man das Gewicht, welches nach obiger Formel zur weitern Bestimmung der Scale nothwendig ist, entweder auf die Wagschale der Seite, wo das Aräometer hängt, oder auf die andere, je nachdem s kleiner oder größer als 1 ist, senkt oder hebt die Wage, bis ihre Zunge gehörig einspielt, und notirt sich, bis zu welchem Punkte der Hülfsscale die Einsenkung erfolgt, und verfährt so für alle zu bestimmenden Punkte. Ist diese Arbeit vollendet, so schreitet man zur weiteren Abtheilung der Scale nach Schmidt. Zu diesem Ende überträgt man die Länge der ganzen Scale auf ein aufgespanntes Zeichenpapier und errichtet die den Linien a d und b c entsprechenden Senkrechten, zieht c a x, b d x und durch jeden bereits schon bestimmten Punkt e, g der Scale und durch x eine Gerade e f, g h, theilt hierauf die Linien a g, g e :c. und b f, f h :c. in so viele gleiche Theile, als neue Scalenpunkte zwischen zwei schon bestimmte fallen sollen, verbindet die zusammengehörigen Punkte der Linien a d und b c durch Gerade und findet so die weiteren Punkte der Scale. Nun braucht man daher nur noch die Scale auszuzeichnen, zu beziffern, abzuschneiden, der bisher gebrauchten an Gewicht gleich zu machen, zusammenzurollen, in den Hals des Instruments zu stecken, sie so zu stellen, daß der Einsenkungspunkt in reinem Wasser mit dem an der Scale bezeichneten zusammenfalle, die Scale mit einem Siegellackkörnchen an das Glas zu befestigen und den Apparat zuzuschmelzen.

Ich theile noch die praktische Anweisung mit, welche nach der eben erwähnten Methode Karmarsch *) zur Herstellung der Scale gegeben hat. Gesetzt, man habe das Aräometer dergestalt construirt, daß es in destillirtem Wasser bis nahe an das obere und in einer Flüssigkeit vom specifischen Gewichte 1,500 bis nahe an das untere Ende des Halses eintaucht, um mittelst desselben alle zwischen diesen Grenzen liegenden specifischen Gewichte erforschen zu können. Die zwei solchergestalt festgesetzten äußersten Punkte werden auf dem Halse angezeigt, um später

*) Prechtl, Technologische Encyclopädie. Bd. I. S. 325.

darnach die Scale richtig zu befestigen. Man trägt nun auf eine gerade Linie a b (s. d. nebenstehende Fig. A) die Länge c d der Scale auf, zieht rechtwinklig durch c und d die Linien e f, g h, und schneidet von e f aus c ein beliebiges Stück c k ab, welches in so viele gleiche Theile eingetheilt wird, als die Scale Grade oder Abtheilungen erhalten soll. In der Zeichnung ist zur Erleichterung angenommen, daß die specifischen Gewichte nur von 0,05 zu 0,05 aufgetragen werden sollen, und daher c k nur in 10 Theile getheilt. Auf der Linie g h wird von dem Punkte d aus, und zwar nach der k entgegengesetzten Seite, ebenfalls ein Stück d i abgeschnitten, dessen Länge aber nicht willkürlich ist, sondern sich zur Länge von c k so verhält, wie das kleinste specifische Gewicht der Scale zu dem größten, im angenommenen Beispiele also wie 1,000 : 1,500 oder 2 : 3. Dieses Stück d i theilt man in ebenso viele gleiche Theile als c k, und verbindet die Theilungspunkte beider Linien auf die in der Zeichnung angegebene Weise miteinander. Die Durchschnitte der schrägen Linien mit c d geben die Theilungspunkte der Scale, welchen in der Figur die zugehörigen specifischen Gewichte beigeschrieben sind. Trägt man auf e f und g h, rechts von c und i, links von k und d, noch mehrere der erwähnten gleichen Theile auf, und zieht man durch diese Punkte die in der Figur zum Unterschiede punktirten Linien, bis dieselben a b schneiden; so erhält man auf letzterer Linie auch die Theilungspunkte der Scale für beliebige größere und kleinere specifische Gewichte, welche man, wenn Platz vorhanden ist, noch auf die Scale auftragen kann. In jedem Falle ist es nur einmal nöthig, eine Scale nach der beschriebenen Methode zu zeichnen; denn da das Verhältniß der gleiche Unterschiede des specifischen Gewichtes ausdrückenden Theile stets unverändert bleibt und nur ihre absolute Größe nach der zu Gebote stehenden Länge des Aräometerhalses variirt, so läßt sich die in hinreichend großem Maßstabe entworfene, sämmtliche bei Flüssigkeiten vorkommenden specifischen Gewichte enthaltende Scale auf folgende Weise zur Graduirung aller Aräometer anwenden. Man trägt die gefundene Eintheilung auf eine Linie l m (s. d. nebenst. Fig. B), zieht aus allen Theilungspunkten gerade Linien nach einem in willkürlicher (aber nicht zu kleiner) Entfernung angenommenen Punkte n, und zu l m eine Menge Parallelen, wie o p, q r, s t, u v, w x. Ist nun die Länge einer Aräometerscale nebst dem größten und kleinsten specifischen Gewichte derselben gegeben, so sucht man letztere beide auf der Linie l m, bemerkt die zwei dazu gehörigen, nach n hinlaufenden Linien, und sucht nun unter den Parallelen o p, q r ꝛc. diejenige, welche zwischen den erwähnten beiden Linien genau die vorgeschriebene Länge hat; von dieser überträgt man die Eintheilung sogleich auf die Scale.

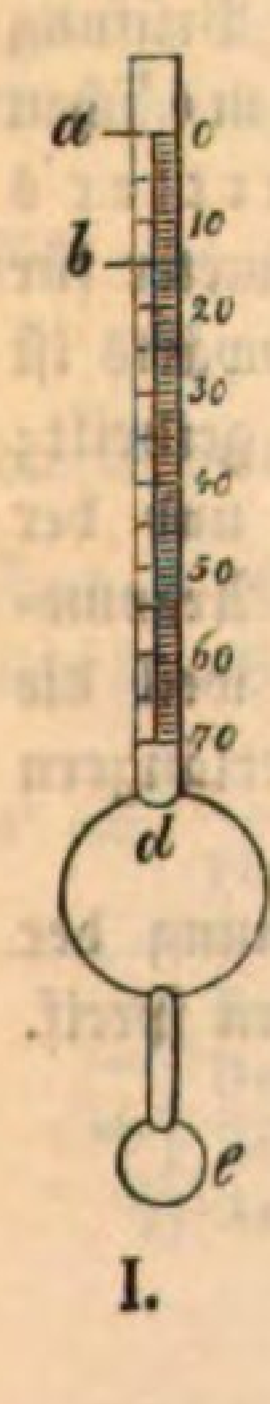
Die Anfertigung einer Scale mit ungleichen, durch Beobachtung, Rechnung und geometrische Construction zu bestimmenden Abständen der Theilstriche wird aber stets sehr unsicher sein. Daher dürfte es im Allgemeinen vorzuziehen sein, um möglichst zuverlässige Instrumente zu erhalten, die Scalenaräometer mit genau cylindrischem Halse und mit Scalen von gleichen Theilen herzustellen, daneben aber für solche Instrumente Tabellen zu berechnen, in welchen die willkürlichen Grade der gewählten Scale mit den ihnen entsprechenden specifischen Gewichten zusammengestellt sind.

Die Handhabung des Aräometers ist an sich einfach und leicht. Man muß das Instrument langsam und vorsichtig in die Flüssigkeit eintauchen, damit dasselbe nicht, wenn man es fallen läßt oder hinunterstößt, über denjenigen Punkt hinaus benetzt werde, bis zu welchem es seinem Gewichte und der Dichte der Flüs-

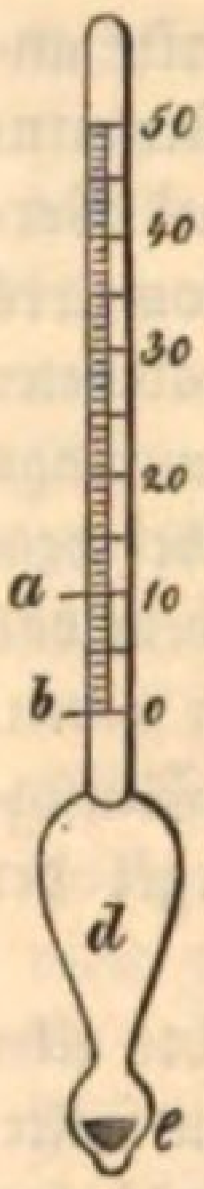
ſigkeit gemäß einſinken muß. Denn wenn ſich Flüſſigkeit über dieſem Punkte anhängt, ſo wirkt dieſe wie ein aufgelegtes Gewicht, d. h. ſie drückt das Inſtrument in der Flüſſigkeit herab und macht alſo deſſen Angaben unrichtig. Hat aus Verſehen eine ſolche Benetzung ſtattgefunden, ſo muß man den Hals des Aräometers vorſichtig abwiſchen, ehe man weiter mit ihm operirt. Wenn man ein Aräometer in eine Flüſſigkeit einſenkt, ſo ſteigt dieſe gewöhnlich in Folge der Adhäſion rings um den Hals des Inſtrumentes empor. Dies kann, wenn man das Auge über dem Apparate hält, zu einer falſchen Beſtimmung des Punktes, bis zu welchem das Aräometer eingeſunken, zu einer falſchen Ableſung an der Scale Veranlaſſung geben. Um dieſen Fehler zu vermeiden, muß man das Auge unter dem Niveau der Flüſſigkeit auf die Scale richten und es dann ſo weit heben, daß der untere Spiegel der Flüſſigkeit eben verſchwindet.

Ein Scalenaräometer, welches zur Beſtimmung der ſpecifiſchen Gewichte aller bekannten Flüſſigkeiten von der dichteſten bis zur dünnſten brauchbar ſein ſollte, müßte einen unförmlich langen Hals haben, würde alſo ſchwierig zu handhaben und ſehr zerbrechlich ſein und überdies eine ſehr große Quantität Flüſſigkeit zur Anſtellung der Beobachtungen erfordern. Auch würde es ſchwer halten, einen ſo langen Hals von durchweg gleichförmiger cylindriſcher Form herzuſtellen. Daher pflegen alle Scalenaräometer immer nur für gewiſſe Reihen von Flüſſigkeiten innerhalb gewiſſer Grenzen des ſpecifiſchen Gewichtes angefertigt zu werden. Man hat dann entweder mehrere Aräometer von verſchiedenem Gewicht, bei denen der höchſte Punkt der Scale des einen dem niedrigſten Punkte der Scale des nächſtfolgenden entſpricht, oder man hat ein einziges Aräometer mit verſchieden ſchweren, unten anſchraubbaren Gewichten (maſſiv von Meſſing oder auch hohle, zum Theil mit Queckſilber oder Schrot gefüllte Kugeln), welche das Inſtrument für dichtere und dünnere Flüſſigkeiten brauchbar machen.

Die Zahl der vorgeſchlagenen und in Gebrauch gekommenen Scalen-Aräometer iſt ſehr groß, ohne daß ſie im Weſentlichen ſehr von einander abweichen. Ich werde daher nur diejenigen Inſtrumente noch beſonders anführen, welche ſich durch beſondere Eigenthümlichkeiten auszeichnen oder darum, weil ſie ſehr verbreitet ſind, genauer gekannt ſein müſſen, um beurtheilen zu können, welche Bedeutung und Zuverläſſigkeit die nach ihnen gegebenen Beſtimmungen haben.



Unter den allgemeinen Scalenaräometern (zu denen auch das auf S. 289 beſchriebene von Richter und Meißner gehört) mit willkürlicher (gleichtheiliger) Scale, zu denen auch das oben S. 290 beſchriebene Inſtrument von Gay-Luſſac gehört, iſt eines der verbreitetſten das von Beaumé. Man bedient ſich deſſelben zur Bezeichnung der Stärke des Weingeiſtes, der Säuren, der Salzauflöſungen u. dergl. Um die Scale für die dichteren Flüſſigkeiten werden drei Theile Kochſalz in ſiebenzehn Theilen Waſſer aufgelöſt. In dieſe Auflöſung ſenkt man das Inſtrument ein, bemerkt am Halſe deſſelben den Punkt b, bis zu welchem es einſinkt, und bezeichnet denſelben mit der Zahl 15. Dann bringt man das Inſtrument in deſtillirtes Waſſer, bemerkt abermals den Punkt a, bis zu welchem es einſinkt, und bezeichnet ihn mit 0. Den Fundamentalſtand ab der beiden auf dieſe Art willkürlich beſtimmten Normalpunkte a und b theilt man hierauf in 15 gleiche Theile und trägt dann gleiche Theile (gewöhnlich



im Ganzen bis zu 70) weiter an der Scale über b hinaus auf. Bei dem Aräometer für dünnere Flüssigkeiten erhält der Punkt a, bis zu welchem das Instrument in Wasser einsinkt, die Bezeichnung 10; ein zweiter Punkt b, den man mit 0 bezeichnet, wird durch eine Auflösung von 1 Theil Kochsalz in 9 Theilen Wasser bestimmt. Der Raum ab wird in 10 gleiche Theile getheilt und solche Grade werden in beliebiger Anzahl auf die übrige Länge der Scale aufgetragen.

Es ist ein Mangel der Beaumé'schen Aräometer, daß für den Einsenkungspunkt im Wasser einmal der zehnte Grad und einmal Null angesetzt wurde. Uebrigens können diese Instrumente, obgleich sie nicht das Verhältniß der specifischen Gewichte durch ihre Graduirung anzeigen, doch mit gutem Erfolge zur Vergleichung von Flüssigkeiten gebraucht werden, wenn sie gehörig mit einander übereinstimmen. Diese Uebereinstimmung wird nur erreicht, wenn das zur Graduirung angewendete Kochsalz stets gleich rein ist, wenn die Bestimmung der beiden Fundamentalpunkte a und b immer bei der nämlichen Temperatur geschieht (denn das Wasser sowohl als die Salzauflösung haben bei warmer Luft ein kleineres specifisches Gewicht als bei kalter) und wenn endlich der Hals der Instrumente vollkommen cylindrisch ist. — Von diesen drei Umständen wird in der Regel nur auf den zweiten, nämlich auf die Temperatur, Rücksicht genommen: Grund genug, die oft ziemlich unvollkommene Uebereinstimmung zwischen den nach Beaumé's Grundsätzen verfertigten Aräometern erklärlich zu finden. Beaumé bestimmte die Fundamentalpunkte seiner Scalen bei einer Wärme von 11° R., jetzt wählt man dazu häufig die Temperatur von 14° R. Die Bestimmung der Grade mittelst zweier einander so nahe liegender Punkte ist übrigens von schädlichem Einflusse auf die Genauigkeit; denn ein hier begangener Fehler wiederholt sich beim weitern Auftragen der Grade und wird am Ende der Scale sehr merklich. Es ist darum besser, neu zu verfertigende Aräometer nach einem guten Muster zu graduiren, indem man beide mit einander in zwei Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewichte stellt, die zwei Einsenkungspunkte auf dem ungraduirten Instrumente bemerkt und den Zwischenraum in so viele Grade eintheilt, als er auf dem Muster-Aräometer enthält *).

Die Scale von Cartier's Aräometer, welches in Frankreich zur Prüfung des Branntweins und Weingeistes angewendet wird, ist aus der Beaumé'schen durch eine unnöthige und nutzlose Veränderung entstanden. Auf Cartier's Scale stimmt nämlich der 22. Grad mit dem 22. von Beaumé's Aräometer für leichte Flüssigkeiten überein; von diesem Punkte aus sowohl auf- als abwärts ist der Raum, welchen 16 Beaumé'sche Grade einnehmen, in 15 Theile getheilt; 15 Grade nach Cartier sind also 16 Graden nach Beaumé gleich und der Wasserpunkt fällt auf $10^3/_4$ Gr. Cartier. Auf den Cartier'schen Aräometern sind in der Regel die Grade nur von 14 an aufwärts aufgetragen, weil die tiefer liegenden nie gebraucht werden und das Instrument nur zwecklos verlängern würden.

Zwei Fehler der Beaumé'schen Aräometer, nämlich die Bestimmung der Fundamental-Punkte durch die unsichere Anwendung einer Flüssigkeit, deren specif.

*) Karmarsch, in Prechtl's Encycl. Bd. I. S. 329.

Gewicht nicht festgesetzt ist, und die ungleiche Bezeichnung des Wasserpunktes, einmal mit 0, ein anderes Mal mit 10, sind bei den von Beck (in Bern) nach Bentely's Vorschlag verfertigten Aräometern beseitigt. Der Einsenkungspunkt in destillirtem Wasser bei + 10° R. heißt hier unveränderlich 0; ein zweiter Punkt, bis zu welchem das Instrument in eine Flüssigkeit eintaucht, deren specif. Gewicht = 0,850 ist, wird mit 30 bezeichnet. Diese beiden Punkte können zu jeder Zeit mit größter Schärfe bestimmt werden und machen daher die vollkommene Uebereinstimmung selbst bei solchen Aräometern möglich, welche an verschiedenen Orten zu verschiedenen Zeiten und sogar ohne ein Muster-Instrument verfertigt worden sind. Man theilt den Raum zwischen den erwähnten zwei Punkten in 30 gleiche Theile und trägt oben noch 40 dergleichen, unter 0 aber 80 auf, so daß 70 Grade für Flüssigkeiten, welche specifisch leichter sind als Wasser, und 80 Grade für schwerere Flüssigkeiten die ganze Scale bilden. In der Ausübung wird diese in zwei Theile getrennt und auf abgesonderte Aräometer übertragen. Das Aräometer für leichte Flüssigkeiten hat den Nullpunkt gleich über der Kugel und die 70 Grade werden aufwärts gezählt; bei jenem für schwere Flüssigkeiten steht 0 oben am Halse und 80 zunächst der Kugel.

Durch die Pharmacopoea batava ist ein Aräometer, das holländische genannt, eingeführt worden, welches seinen Nullpunkt bei dem specifischen Gewichte = 1,000, d. h. dem des Wassers bei + 10° R. hat, und dessen 10ter Grad dem specifischen Gewichte einer Lösung von 1 Th. Kochsalz in 9 Th. Wasser entspricht. Nach diesem in 10 Theile getheilten Fundamentalabstand sind die gleich großen Grade über und unter 0 auf der Scale aufgetragen.

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der den Graden dieser Instrumente entsprechenden Bestimmungen des specifischen Gewichtes der Flüssigkeiten, in welche sie eingesenkt worden. Am häufigsten ist das Beaumé'sche Aräometer als das verbreitetste zum Gegenstande der Untersuchung gemacht worden. Durch Versuche hat man die Werthe der Grade bestimmt. Dies ist namentlich geschehen von Delezennes*), Francoeur**), Bohnenberger***) und Gilpin †). Die Abweichungen dieser (in der Tabelle enthaltenen) Bestimmungen kommen theils auf Rechnung der bei der Prüfung zu Grunde gelegten einzelnen Aräometer, theils auf Rechnung der unvermeidlichen kleinen Beobachtungsfehler. Zur Ableitung der specifischen Gewichte (s') aus den Graden (Differenz der eingetauchten Volumina, v'—v) mittelst Rechnung giebt Francoeur folgende Gleichungen an. Für die schweren Flüssigkeiten (das erste Instrument) $s' = \frac{152}{152 - (v' - v)}$; für die leichten Flüssigkeiten (das zweite Instrument) $s' = \frac{146}{146 + (v' - v)}$. Dagegen fand Bohnenberger bei dem Instrumente für schwerere Flüssigkeiten, dessen er sich zur Bestimmung der in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Angaben bediente, $s' = \frac{155,36}{155,36 - (v' - v)}$; und bei einem anderen Beaumé'schen Instrumente

*) Journ. de phys. T. XCIV. p. 204.
**) Dictionn. technol. art. Aréomètre.
***) Tübing. Blätter. Bd. II. S. 457.
†) Ann. de chim. T. XXIII. p. 185.

war zwischen 0° und 40° $s' = \frac{143,45}{143,45 - (v'-v)}$ und zwischen 40° und 85° $s' = \frac{165,06}{165,06 - (v'-v)}$. Aus diesen verschiedenen, auf die Beobachtungen sich stützenden Bestimmungen sieht man, wie wenig die einzelnen Beaumé'schen Aräometer mit einander übereinstimmen, so daß in den mit ihnen gemachten Bestimmungen des specifischen Gewichtes schon die zweite Decimalstelle nicht mehr zuverlässig ist. — Francoeur hat auch zu den Graden des Cartier'schen Aräometers die specifischen Gewichte bestimmt. Dieselben entsprechen der Gleichung $s' = \frac{136,8}{126,1 + (v'-v)}$. Die Grade des Beaumé'schen Instrumentes (B) lassen sich auf die des Cartier'schen nach Francoeur zurückführen durch die Gleichung $B = \frac{16\,C - 22}{15}$. Auch Marozeau hat durch Versuche (bei 12°,5 C.) für die Cartier'schen Grade die specifischen Gewichte bestimmt. — Den Instrumenten von Beck ist eine Tafel beigegeben, in welcher die specifischen Gewichte aus den Graden abgeleitet sind nach der Formel $s' = \frac{1000.\ 850.\ 30}{850.\ 30 \underline{+} 150\ (v'-v)} = \frac{1000.\ 170}{170 \underline{+} (v'-v)}$. In der folgenden Zusammenstellung ist diese Tafel aufgenommen, so jedoch, daß 1 statt 1000 gesetzt ist.

Diese Zusammenstellung enthält in der ersten Columne die Angaben der Grade, welche sich auf alle angeführten Instrumente nach Beaumé, Cartier, Beck und nach der Pharmacopoea batava beziehen; die folgenden Columnen enthalten die specifischen Gewichte, welche bei den Instrumenten, auf welche sich die eben erwähnten Untersuchungen bezogen, den nebenstehenden Gradbestimmungen entsprachen.

Aräometer für Flüssigkeiten, welche schwerer als Wasser sind.

Grade	Beaumé's Aräometer nach				Holländisches Aräometer	Beck's Aräometer
	Delezennes bei + 10° R.	Francoeur bei + 10° R.	Bohnenberger bei + 11°,5 R.	Gilpin bei + 10° R.	bei + 10° R.	bei + 10° R.
0	1,0000	1,0000	1,000	1,000	1,000	1,0000
1	1,0072	1,0066	1,007		1,007	1,0059
2	1,0145	1,0133	1,013		1,014	1,0119
3	1,0219	1,0201	1,020	1,020	1,022	1,0180
4	1,0294	1,0270	1,027		1,029	1,0241
5	1,0370	1,0340	1,033		1,036	1,0303
6	1,0448	1,0411	1,040	1,040	1,044	1,0366
7	1,0526	1,0483	1,047		1,052	1,0429
8	1,0606	1,0556	1,055		1,060	1,0494
9	1,0687	1,0630	1,062	1,064	1,067	1,0559
10	1,0769	1,0704	1,069		1,075	1,0625
11	1,0853	1,0780	1,077		1,083	1,0692
12	1,0937	1,0857	1,084	1,089	1,091	1,0759

Grade	Beaumé's Aräometer nach Delezennes bei + 10° R.	Francoeur bei + 10° R.	Bohnenberger bei + 11°,5 R.	Gilpin bei + 10° R.	Holländisches Aräometer bei + 10° R.	Beck's Aräometer bei + 10° R.
13	1,1023	1,0935	1,092		1,100	1,0828
14	1,1111	1,1014	1,099		1,106	1,0897
15	1,1200	1,1095	1,107	1,114	1,116	1,0968
16	1,1290	1,1176	1,115		1,125	1,1039
17	1,1382	1,1259	1,123		1,134	1,1111
18	1,1475	1,1343	1,132	1,140	1,143	1,1184
19	1,1570	1,1428	1,140		1,152	1,1258
20	1,1666	1,1515	1,148		1,161	1,1333
21	1,1764	1,1603	1,157	1,170	1,171	1,1409
22	1,1864	1,1692	1,166		1,180	1,1486
23	1,1965	1,1783	1,174		1,190	1,1565
24	1,2068	1,1875	1,183	1,200	1,199	1,1644
25	1,2173	1,1968	1,192		1,210	1,1724
26	1,2280	1,2063	1,201		1,221	1,1860
27	1,2389	1,2160	1,211	1,230	1,231	1,1888
28	1,2499	1,2258	1,220		1,242	1,1972
29	1,2612	1,2358	1,230		1,252	1,2057
30	1,2727	1,2459	1,239	1,261	1,261	1,2143
31	1,2844	1,2562	1,249		1,275	1,2230
32	1,2962	1,2667	1,260		1,286	1,2319
33	1,3083	1,2773	1,270	1,295	1,289	1,2409
34	1,3207	1,2881	1,281		1,309	1,2500
35	1,3333	1,2992	1,291		1,321	1,2593
36	1,3461	1,3103	1,302	1,333	1,334	1,2687
37	1,3592	1,3217	1,313		1,346	1,2782
38	1,3725	1,3333	1,325		1,359	1,2879
39	1,3861	1,3455	1,336	1,373	1,372	1,2977
40	1,3999	1,3571	1,347		1,384	1,3077
41	1,4141	1,3694	1,359		1,398	1,3178
42	1,4258	1,3818	1,371	1,414	1,412	1,3281
43	1,4433	1,3945	1,384		1,426	1,3386
44	1,4583	1,4074	1,396		1,440	1,3492
45	1,4735	1,4206	1,408	1,455	1,454	1,3600
46	1,4893	1,4339			1,470	1,3710
47	1,5053	1,4476			1,485	1,3821
48	1,5217	1,4615		1,500	1,501	1,3934
49	1,5384	1,4758			1,516	1,4050
50	1,5555	1,4902			1,532	1,4167
51	1,5730	1,4951		1,547	1,549	1,4286
52	1,5909	1,5200			1,566	1,4407
53	1,6092	1,5353			1,583	1,4530
54	1,6279	1,5510		1,594	1,601	1,4655
55	1,6471	1,5671			1,618	1,4783
56	1,6667	1,5833			1,637	1,4912
57	1,6868	1,6000		1,659	1,656	1,5044
58	1,7074	1,6170			1,676	1,5179
59	1,7285	1,6344			1,695	1,5315
60	1,7501	1,6522		1,717	1,714	1,5454
61	1,7722	1,6705			1,736	1,5596
62	1,7950	1,6889			1,758	1,5741
63	1,8184	1,7079		1,779	1,779	1,5888
64	1,8423	1,7273			1,801	1,6038

Grade	Beaumé's Aräometer nach Delezennes bei + 10° R.	Francoeur bei + 10° R.	Bohnenberger bei + 11°,5 R	Gilpin bei + 10° R.	Holländisches Aräometer bei + 10° R.	Beck's Aräometer bei + 10° R.
65	1,8669	1,7471			1,823	1,6190
66	1,8922	1,7674		1,848	1,847	1,6346
67	1,9180	1,7882			1,872	1,6505
68	1,9447	1,8095			1,897	1,6667
69	1,9721	1,8313		1,920	1,921	1,6832
70	2,0003	1,8537			1,946	1,7000
71		1,8765			1,974	1,7172
72		1,9000		2,000	2,002	1,7347
73		1,9241			2,031	1,7526
74		1,9487			2,059	1,7708
75		1,9740			2,087	1,7895
76		2,0000				1,8085

Aräometer für Flüssigkeiten, welche leichter als Wasser sind.

Grade	Beaumé's Aräometer nach Delezennes bei 10° R.	Beaumé's Aräometer nach Francoeur bei 10° R.	Cartier's Aräometer nach Delezennes bei 10° R.	Cartier's Aräometer nach Francoeur bei 10° R.	Cartier's Aräometer nach Marozeau bei 10° R.	Beck's Aräometer bei 10° R.
0						1,0000
1						0,9941
2						0,9883
3						0,9826
4						0,9770
5						0,9714
6						0,9659
7						0,9604
8						0,9550
9						0,9497
10	1,0000	1,0000			1,000	0,9444
11	0,9929	0,9932	1,0000		0,992	0,9392
12	0,9859	0,9865	0,9922		0,985	0,9340
13	0,9790	0,9799	0,9846		0,977	0,9289
14	0,9722	0,9733	0,9771	0,9764	0,970	0,9239
15	0,9655	0,9669	0,9697	0,9695	0,963	0,9189
16	0,9589	0,9605	0,9624	0,9627	0,956	0,9139
17	0,9524	0,9542	0,9552	0,9560	0,949	0,9090
18	0,9460	0,9480	0,9481	0,9493	0,942	0,9042
19	0,9396	0,9420	0,9412	0,9427	0,935	0,8994
20	0,9333	0,9359	0,9343	0,9363	0,929	0,8947
21	0,9272	0,9300	0,9275	0,9299	0,922	0,8900
22	0,9211	0,9241	0,9208	0,9237	0,916	0,8854
23	0,9151	0,9183	0,9143	0,9175	0,909	0,8808
24	0,9091	0,9125	0,9078	0,9114	0,903	0,8762
25	0,9033	0,9068	0,9014	0,9054	0,897	0,8717
26	0,8975	0,9012	0,8951	0,8994	0,891	0,8673
27	0,8918	0,8957	0,8889	0,8935	0,885	0,8629
28	0,8861	0,8902	0,8827	0,8877	0,879	0,8585
29	0,8806	0,8848	0,8767	0,8820	0,872	0,8542

Grade	Beaumé's Aräometer nach		Cartier's Aräometer nach			Beck's Aräometer
	Delezennes bei 10° R.	Francoeur bei 10° R.	Delezennes bei 10° R.	Francoeur bei 10° R.	Marozeau bei 10° R.	bei 10° R.
30	0,8751	0,8795	0,8707	0,8763	0,867	0,8500
31	0,8696	0,8742	0,8649	0,8707	0,862	0,8457
32	0,8643	0,8690	0,8590	0,8652	0,856	0,8415
33	0,8590	0,8639	0,8533	0,8598	0,851	0,8374
34	0,8537	0,8588	0,8477	0,8545	0,845	0,8333
35	0,8486	0,8538	0,8421	0,8491	0,840	0,8292
36	0,8435	0,8488	0,8366	0,8439	0,835	0,8252
37	0,8384	0,8439	0,8312	0,8387	0,830	0,8212
38	0,8334	0,8391	0,8258	0,8336	0,825	0,8173
39	0,8285	0,8343	0,8205	0,8286	0,819	0,8133
40	0,8236	0,8295	0,8153		0,814	0,8095
41	0,8188	0,8249	0,8101		0,809	0,8061
42	0,8141	0,8202	0,8050		0,804	0,8018
43	0,8094	0,8156	0,8000		0,799	0,7981
44	0,8017	0,8111			0,794	0,7944
45	0,8001	0,8066				0,7907
46	0,7956	0,8022				0,7871
47	0,7911	0,7978				0,7834
48	0,7866	0,7935				0,7799
49	0,7823	0,7892				0,7763
50	0,7779	0,7849				0,7727
51		0,7807				0,7692
52		0,7766				0,7658
53		0,7725				0,7623
54		0,7684				0,7589
55		0,7643				0,7556
56		0,7604				0,7522
57		0,7565				0,7489
58		0,7526				0,7456
59		0,7487				0,7423
60		0,7449				0,7391

Eine eigenthümliche Einrichtung hat das Schieber-Aräometer von Adie. Dasselbe hat nämlich einen verschiebbaren Hals, welcher bei den Beobachtungen so eingestellt werden muß, daß das Aräometer in der zu prüfenden Flüssigkeit stets bis zu einem gewissen Punkte einsinkt. An einer auf diesem Halse angebrachten Scale liest man dann ab (je nach der Einrichtung der Scale), welche Volumina des eingesenkten Instrumentes der Dichte der Flüssigkeit entsprechen oder welches specifische Gewicht der eben untersuchten Flüssigkeit eigenthümlich ist. Die Handhabung dieses Instrumentes ist, wie man sieht, umständlich und deshalb unzuverlässig.

Die Aräometer, welche für besondere Flüssigkeiten bestimmt sind, geben gewöhnlich nicht die specifischen Gewichte dieser Flüssigkeiten an, sondern die Verhältnisse, in denen die zu erprobende Flüssigkeit mit einer anderen gemischt ist. Insofern diese Angabe nach Procenten geschieht, nennt man diese Instrumente Procent-Aräometer. Sie geben entweder die Procente des Gewichtes oder des Volumens an. Man bezeichnet sie dann näher mit Rücksicht auf die Flüssig-

keiten, für welche sie bestimmt sind. So groß ihr praktischer Nutzen ist, so geringfügig ist ihre wissenschaftliche Bedeutung, weil sie unter der Voraussetzung graduirt sind, daß der Zusatz (zur Verfälschung oder Verdünnung) einer Flüssigkeit, z. B. Weingeist, immer eine bestimmte andere Flüssigkeit, z. B. Wasser, sei.

Am wichtigsten sind unter diesen Instrumenten die Alkoholometer oder Branntweinwagen, da der Weingeist (Alkohol) sowohl in ökonomischer und mercantilischer Hinsicht als auch für die Wissenschaft von der größten Bedeutung ist. Die Herstellung zuverlässiger Procent-Alkoholometer ist aber abhängig von den Untersuchungen über die specifischen Gewichte der Mischungen von Alkohol und Wasser, welche ich, um nicht Zusammengehöriges auseinander zu reißen, hier anführen will.

Man könnte sehr leicht das specifische Gewicht einer bekannten Mischung von Alkohol und Wasser durch bloße Rechnung finden, wenn man das specifische Gewicht des absoluten, d. h. durchaus reinen Alkohols ebenso genau kennte als das des reinen Wassers, und wenn eine Quantität absoluten Alkohols Q zusammengegossen mit einer Quantität Wasser q eine Quantität wässerigen Alkohols $Q + q$ gäbe. Abgesehen davon, daß absoluter Alkohol sehr schwer herzustellen ist, zieht sich der Alkohol, sobald er mit Wasser vermischt wird, sehr beträchtlich zusammen, so daß also das Gemisch einen beträchtlich kleineren Raum einnimmt als die beiden Räume des Wassers und des Alkohols zusammengenommen betragen. Diese Zusammenziehung beträgt zuweilen mehr als ein Dreißigstel des Raumes, den man nach der Rechnung erwarten sollte. Daher hat man die specifischen Gewichte der Gemische aus Wasser und Alkohol durch Versuche (meist durch Wägungen) bestimmen müssen. In der folgenden Tabelle sind Resultate solcher Versuche von Richter*), Lowitz**), Meißner***) und Delezennes†). Die letzteren sind, wie es scheint, mit großer Sorgfalt angestellt. Alkohol und Wasser wurden in ihrem gewöhnlichen lufthaltigen Zustande angewendet. Die Gewichtsbestimmungen geschahen mittelst der Methode der Doppelwägung nach absolutem Gewichte, d. h. mit Berücksichtigung des ungleichen Gewichtsverlustes, den beide Körper in einem mit Luft erfüllten Raume erleiden. Auf den Druck der Atmosphäre, die Temperaturverhältnisse und den Feuchtigkeitszustand der Luft wurde die nöthige Rücksicht genommen. Der Alkohol, dessen Delezennes sich bediente, war viermal bei mäßiger Wärme im Sandbade über sehr trockenes Chlorcalcium abgezogen; er hatte bei 0^{0} die Dichte 0,81190 gegen Wasser von derselben Temperatur = 1. Die Vermischung desselben mit Wasser geschah in einem Kolben mit langem und verstöpseltem Halse, damit nichts verdunste.

Zu den erwähnten Bestimmungen kommen noch Messungen von Gouvenain††), welcher den Alkoholgehalt nach Volumenprocenten bestimmte. Die Temperaturen beider zusammenzumischenden Flüssigkeiten waren gleich, wie die Tabelle sie angiebt.

---

*) Richter, über die neueren Gegenstände der Chemie. St. 8. S. 74.

**) Crell's Chem. Annalen 1796. Bd. I. S. 195.

***) Meißner, Aräometrie. Bd. II. S. 27. 30.

†) Férussac, Bullet. univ. des sciences math. T. VIII. p. 132. — Recueil des Trav. de la Soc. des sciences etc. de Lille. 1823 u. 24. p. 1.

††) Férussac, Bullet. univers. des scienc. math. T. VII. p. 147.

Wägungen von Richter, bei + 16⁰ R. angestellt.

Alkohol in Gewichtsprocenten	Specifisches Gewicht
100,00	0,7920
74,71	0,8600
56,60	0,9010
41,00	0,9340
32,14	0,9525

Wägungen von Lowitz, angestellt bei + 16⁰ R.

Gewichtsprocente Alkohol	Specif. Gewicht	Gewichtsprocente Alkohol	Specif. Gewicht	Gewichtsprocente Alkohol	Specif. Gewicht	Gewichtsprocente Alkohol	Specif. Gewicht
100	791	75	856	50	914	25	965
99	794	74	859	49	917	24	966
98	797	73	861	48	919	23	968
97	800	72	863	47	921	22	970
96	803	71	866	46	923	21	971
95	805	70	868	45	925	20	973
94	808	69	870	44	927	19	974
93	811	68	872	43	930	18	976
92	813	67	875	42	932	17	977
91	816	66	877	41	934	16	978
90	818	65	880	40	936	15	980
89	821	64	882	39	938	14	981
88	823	63	885	38	940	13	983
87	826	62	887	37	942	12	985
86	828	61	889	36	944	11	986
85	831	60	892	35	946	10	987
84	834	59	894	34	948	9	988
83	836	58	896	33	950	8	989
82	839	57	899	32	952	7	991
81	842	56	901	31	954	6	992
80	844	55	903	30	956	5	994
79	847	54	905	29	957	4	995
78	849	53	907	28	959	3	997
77	851	52	909	27	961	2	998
76	853	51	912	26	963	1	999
						0	1000

Wägungen von Delezennes.

Alkoholgehalt in Gewichtsprocenten	Specifisches Gewicht bei 0° C.	18° C.	36° C.	54° C.
0	1,00000	0,99855	0,99351	0,98721
5	0,99130	0,98983	0,98520	0,97736
10	0,98540	0,98261	0,97684	0,96805
15	0,98007	0,97587	0,96853	0,96050
20	0,97596	0,96974	0,96084	0,95054
25	0,97145	0,96312	0,95254	0,94097
30	0,96579	0,95588	0,94395	0,93166
35	0,95886	0,94682	0,93453	0,92133
40	0,95066	0,93781	0,92402	0,91058
45	0,93994	0,92733	0,91303	0,89963
50	0,93047	0,91682	0,90259	0,88801
55	0,92039	0,90605	0,89044	0,87594
60	0,90909	0,89474	0,87962	0,86382
65	0,89791	0,88338	0,86763	0,85194
70	0,88649	0,87180	0,85582	0,84047
75	0,87496	0,85974	0,84386	0,82884
80	0,86325	0,84834	0,83191	0,81693
85	0,85111	0,83561	0,81975	0,80414
90	0,83840	0,82310	0,80722	0,79099
95	0,82522	0,80974	0,79385	0,77790
100	0,81190	0,79539	0,78013	0,76436

Bestimmungen von Meißner.

Gewichtsprocente	Specifisches Gewicht bei 16° R.	bei 40° R.	Volumenprocente	Specifisches Gewicht bei 16° R.	bei 40° R.
100	0,791	0,793	100	0,791	0,793
95	0,805	0,807	95	0,809	0,811
90	0,818	0,822	90	0,824	0,829
85	0,831	0,835	85	0,839	0,843
80	0,844	0,847	80	0,854	0,857
75	0,856	0,859	75	0,867	0,869
70	0,868	0,870	70	0,880	0,883
65	0,880	0,883	65	0,893	0,896
60	0,892	0,895	60	0,906	0,907
55	0,904	0,906	55	0,917	0,919
50	0,915	0,917	50	0,928	0,930
45	0,926	0,929	45	0,938	0,940
40	0,937	0,939	40	0,947	0,949
35	0,947	0,949	35	0,955	0,958
30	0,955	0,958	30	0,963	0,964
25	0,963	0,965	25	0,969	0,970
20	0,970	0,971	20	0,975	0,976
15	0,977	0,977	15	0,981	0,980
10	0,984	0,983	10	0,987	0,986
5	0,992	0,991	5	0,993	0,993
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000

Messungen von Gouvenain.

Alkoholgehalt in Volumenprocenten	Specifisches Gewicht, das des Wassers bei 10° R. = 1000 angenommen, bei 0° R.	5° R.	10° R.	15° R.	20° R.
10	989,50	988,25	987,00	985,75	984,50
20	979,50	978,00	976,50	975,00	973,50
30	971,75	969,25	966,75	964,25	961,75
40	960,00	956,50	953,00	949 50	946,00
50	943.00	939,00	935,00	931,00	927,00
60	924,00	919,00	914,00	909,00	904,00
70	900,30	895,15	890,00	884,85	879,70
80	874,40	869,20	864,00	858,80	853,60
90	846,50	841,25	836,00	830,75	825,50
100	810,60	805,30	800,00	794,70	789,40

Die sorgfältigsten Untersuchungen sind von Gilpin*) unter der Leitung Blagden's 1790—1794 angestellt worden. Man kann bei Untersuchung der specifischen Gewichte, welche den verschiedenen Mischungsverhältnissen von Alkohol und Wasser entsprechen, so verfahren, daß man die Volumina des Normalalkohols (den man als völlig rein oder doch als den möglichst höchsten Grad von Reinheit besitzend annimmt) und des Wassers, welche man vermischen will, bestimmt und dann den Raum mißt, welchen die beiden Flüssigkeiten nach der Mischung einnehmen. Diese Beobachtung dient der weiteren Berechnung zur Grundlage. Man kann aber die Messungen, welche hier erfordert werden, nicht mit einem hohen Grade von Genauigkeit anstellen. Daher würde es besser sein, durch Beobachtung das specifische Gewicht selbst zu bestimmen, welches die Mischung annimmt. Aber noch zuverlässiger ist eine dritte Methode, bei welcher alle Messungen vermieden werden. Man wägt die Menge des Wassers und ebenso die des Alkohols und beobachtet sodann das specifische Gewicht ihrer Mischung. Man kann bei weitem genauer messen als wägen und ist beim Wägen dem störenden Einflusse der Temperaturveränderungen auf die angewendeten Materialien weniger ausgesetzt als beim Messen. Nach dieser letzten Methode wurden die Versuche von Blagden und Gilpin angestellt. Diese Physiker bedienten sich eines Alkohols, dessen specifisches Gewicht 0,8250 bei 60° F. (15°,5 C.) war, gegen Wasser von gleicher Temperatur = 1. Tralles**), welcher die Untersuchungen, von welchen wir sprechen, aufnahm und fortführte, rügt, daß in den Berichten über die Versuche nicht bemerkt sei, ob man bei denselben auf die äußere Temperatur, auf den Luftdruck und auf das Gewicht der in den Gefäßen enthaltenen Luft, die durch das Einfüllen der Flüssigkeiten aus denselben verdrängt wird, Rücksicht genommen habe. Bei der Genauigkeit, mit welcher man übrigens verfuhr, indem man bis auf Hundertel von Granen genau wog, hätte man diese Verhältnisse wohl berücksichtigen

*) Phil. Transact. 1794. P. I. p. 275. Vgl. Gren's neues Journ. der Physik. Bd. II. S. 365.

**) Gilbert, Ann. der Physik. Bd. XXXIX. S. 357.

sollen. Die bis auf 0,00001 angegebenen specifischen Gewichte dürften bis auf 0,0001 richtig sein, auch wenn auf die Luft keine Rücksicht genommen wäre.

Mischungen aus Weingeist und Wasser ändern ihre Dichtigkeit unter dem Einflusse der Wärme sehr bedeutend. An einem Frühlings- oder Herbsttage kann eine Mischung, welche fast die Hälfte Alkohol mehr enthält, dasselbe specifische Gewicht haben, welches diese letztere an einem heißen Sommertage besitzt. Aus dem bekannten Verhältnisse der Bestandtheile läßt sich die Aenderung des specifischen Gewichtes durch die Wärme ebenso wenig als die Dichtigkeit der Mischung nach einer leichten Regel berechnen. Deshalb erschien es nöthig, in dieser Beziehung noch besondere Versuche anzustellen. Es wurden also 40 verschiedene Mischungen von Alkohol und Wasser für jede 5 Grade des Fahrenheit'schen Thermometers von 30 bis 100° F. untersucht und dem specif. Gewichte nach bestimmt, welches demnach zu 15 × 40 = 600 Resultaten führte. Vermittelst derselben ließen sich dann Tafeln für die specif. Gewichte der Mischungen aus Alkohol und Wasser in allen Temperaturen herstellen. Gilpin berechnete 102 solche Tabellen. Bei seinen Wägungen bediente sich Gilpin eines kleinen Glaskolbens mit einem engen und langen Halse, welchen er bis zu einem Merkzeichen mit Weingeist füllte und dann auf einer äußerst empfindlichen Wage wog. Das Kölbchen faßte 2965 Gran destillirten Wassers und hatte einen Hals von 1,5 Zoll Länge und 0,25 Zoll Durchmesser. An dem Halse war ein Diamantstrich und bei der Füllung mit Weingeist wurde der tiefste Punkt der concaven Oberfläche der Flüssigkeit mit dem Diamantstrich ins Niveau gebracht. Jedes der 600 Resultate wurde als Mittel aus wenigstens drei Wägungen festgestellt.

Nachstehende Tabelle enthält die erwähnten 600 Resultate, welche den weiteren Rechnungen zu Grunde gelegt wurden.

Specifisches Gewicht verschiedener Mischungen aus Alkohol (von 82500 specif. Gewicht bei 60° F.) und Wasser bei verschiedenen Temperaturen. Das specif. Gewicht des Wassers bei 60° F. = 100000.

Temperatur	Hundert Gewichtstheile Alkohol und Gewichtstheile Wasser: 0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
30° F.	83896	84995	85957	86825	87585	88282	88921	89511	90054	90558	91023	91449	91847	92217	92563	92889	93191	93474	93741	93991	94222
35	672	769	729	587	357	059	701	294	89839	345	90811	241	640	009	355	680	92986	274	541	790	025
40	445	539	507	361	184	87538	481	073	617	127	596	026	428	91799	151	476	783	072	341	592	93827
45	214	310	277	131	86905	613	255	88849	396	89909	380	90812	214	584	91937	264	570	92859	131	382	621
50	82977	076	042	85902	676	384	030	626	174	684	160	596	90997	370	723	051	358	647	92919	177	419
55	736	83834	84802	664	441	150	87796	393	88945	458	89933	367	768	144	502	91837	145	436	707	92963	208
60	500	599	568	430	208	86918	569	169	720	232	707	144	549	90927	287	622	91933	225	499	758	002
65	262	362	334	193	85976	686	337	87938	490	006	479	89920	328	707	066	400	715	040	283	546	92794
70	023	124	092	84951	736	451	105	705	254	88773	252	695	104	484	90847	181	493	91793	069	333	580
75	81780	82878	83851	710	496	242	86864	466	018	538	018	464	89872	252	617	90952	270	569	91849	111	364
80	530	631	603	467	248	85966	622	228	87776	301	88781	225	639	021	385	723	046	340	622	91891	142
85	291	396	371	243	036	757	411	021	590	120	609	043	460	89843	209	558	90882	186	465	729	91969
90	044	150	126	001	84797	518	172	86787	360	87889	376	88817	230	617	89988	342	668	90967	248	511	751
95	80794	81900	82877	83753	550	272	85928	542	114	654	146	588	003	390	763	119	443	747	029	290	531
100	548	657	639	513	038	031	688	302	86879	421	87915	357	88769	158	536	89889	215	522	90805	066	310

Temperatur	Hundert Gewichtstheile Wasser und Gewichtstheile Alkohol: 95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
30° F.	94447	94675	84920	95173	95429	95681	95944	96209	96470	96719	96967	97200	97418	97635	97860	98108	98412	98814	99334
35	249	484	734	94988	246	502	772	048	315	579	840	086	319	556	801	076	397	804	344
40	058	295	547	802	060	328	602	95879	159	434	706	96967	220	472	737	033	373	795	345
45	93860	096	348	605	94871	143	423	703	95993	280	563	840	110	384	666	97980	338	774	338
50	658	93897	149	414	683	94958	243	534	831	126	420	708	96995	284	589	920	293	745	316
55	452	696	93948	213	486	767	057	357	662	95966	272	575	877	181	500	847	239	702	284
60	247	493	749	018	296	579	94876	181	493	804	122	437	752	074	410	771	176	654	244
65	040	285	546	93822	099	388	689	000	318	635	95962	288	620	96959	309	688	106	594	194
70	92828	076	337	646	93898	193	500	94813	139	469	802	143	484	836	203	596	028	527	134
75	613	92865	132	413	695	93989	301	623	94957	292	638	95987	344	708	086	495	97943	454	066
80	393	646	92917	201	488	785	102	431	768	111	467	826	192	568	96963	385	845	367	98991

Im Handel wird der Weingeist nicht gewogen, sondern gemessen. Daher sind die Gilpin'schen Tabellen, welche Gewichtsprocente angeben, für den Verkehr nicht praktisch. Aus diesem Grnnde und in Rücksicht auf die schon gerügten Mängel wurden weitere Untersuchungen über die specifischen Gewichte der Mischungen von Alkohol und Wasser von Tralles angestellt, bei denen von den Gilpin'schen ausgegangen wurde. Tralles erhielt nämlich von der preuß. Regierung 1811 den Auftrag, das bequemste und sicherste Mittel zur Erhebung der Branntweinsteuer anzugeben. Er berechnete Tafeln, welche den Gehalt der verschiedenen Weingeistsorten von wasserfreiem Alkohol in Volumenprocenten des Weingeistes und die specifischen Gewichte im Vergleich zu dem des Wassers im Zustande seiner größten Dichtigkeit angaben. Bei seinen Versuchen bediente Tralles sich seiner hydrostatischen Wage (s. S. 281 f.). Rose hatte ihm verschiedene Proben möglichst wasserfreien Alkohols überlassen. Das specifische Gewicht der einen Sorte fand Tralles bei 60° F. 0,79841, das der anderen 0,79876 gegen Wasser von gleicher Temperatur = 1. Tralles überzeugte sich zunächst, ob dieser Alkohol nicht etwa durch die Befreiung von Wasser seine chemische Natur verändert habe, indem er untersuchte, ob derselbe durch einen Zusatz von Wasser bis zu demjenigen Grade, in welchem der gewöhnliche Alkohol Wasser enthält, dasselbe specifische Gewicht wie dieser Weingeist erhalte. Er fand, daß die Mischungen aus jenem reinen Alkohol mit Wasser eben die Gesetze wie die Mischungen aus weniger entwässertem Alkohol befolgen. Hierauf untersuchte Tralles, wie viel Wasser auch diesem Rose'schen Alkohol noch entzogen werden müsse, damit man einen Alkohol von der absoluten Reinheit erlange, wie ihn Lowitz *) in Petersburg gefunden, welchen er als absolut rein annahm. Dieser hatte nämlich gefunden, daß Weingeist, welchen man über trocknem, nicht gesättigtem, kohlensaurem Kali (Weinsteinsalz) schüttelt, nicht unter das specifische Gewicht von 0,815 herabkommt. Zieht man aber denselben nach dieser Entwässerung mit Vorsicht über Weinsteinsalz ab, so daß man nicht mehr auf das Salz in der Retorte gießt, als es einzuschlürfen vermag, und treibt nur etwa $^2/_3$ über, so erhält man einen Alkohol, dessen specifisches Gewicht bei 16° R. nach Lowitz 0,791 ist. Durch wiederholtes Abziehen über Weinsteinsalz wurde das specifische Gewicht dieses Weingeistes nicht weiter verändert, und wenn man denselben für sich überdestillirte, so hatte das erste, was überging, dasselbe specifische Gewicht wie das letzte. Hierin erkannte Lowitz den Beweis, daß er vollkommen wasserfreien Alkohol erlangt habe. Nach Tralles enthält Alkohol, dessen specifisches Gewicht 0,7986 (bei 60° F.), noch 0,0129 seines Gewichtes an Wasser.

Tralles hat nun zunächst eine Tafel berechnet, welche die specifischen Gewichte der Mischungen von Alkohol und Wasser angiebt, von denen 100 Quart oder Cubikzoll 1, 2, 3, 4 rc. Quart oder Cubikzoll reinen Alkohols enthalten. Die Temperatur der Mischung ist dabei zu 60° F. angenommen und die specifischen Gewichte sind bestimmt im Vergleich gegen das des Wassers im Zustande der größten Dichtigkeit (bei 39°, 83 F.), welches = 1000 gesetzt ist. Reines Wasser hat demgemäß bei 60° F. ein specif. Gewicht = 9991 und der als rein angenommene Alkohol bei derselben Temperatur ein specif. Gewicht = 7939.

*) Crell's chemische Annalen. J. 1769. Bd. I. S. 195 f.

I. Tafel.

Eine Mischung			Eine Mischung		
von der 100 Maß enthalten Maß Alkohol	hat bei 60° Fahrenheit Wärme das specifische Gewicht	Unterschiede der specifischen Gewichte	von der 100 Maß enthalten Maß Alkohol	hat bei 60° Fahrenheit Wärme das specifische Gewicht	Unterschiede der specifischen Gewichte
0	9991	—	51	9315	20
1	9976	15	52	9295	20
2	9961	15	53	9275	20
3	9947	14	54	9254	21
4	9933	14	55	9234	20
5	9919	14	56	9213	21
6	9906	13	57	9192	21
7	9893	13	58	9170	22
8	9881	12	59	9148	22
9	9869	12	60	9126	22
10	9857	12	61	9104	22
11	9845	12	62	9082	22
12	9834	11	63	9059	23
13	9823	11	64	9036	23
14	9812	11	65	9013	23
15	9802	10	66	8989	24
16	9791	11	67	8965	24
17	9781	10	68	8941	24
18	9771	10	69	8917	24
19	9761	10	70	8892	25
20	9751	10	71	8867	25
21	9741	10	72	8842	25
22	9731	10	73	8817	25
23	9720	11	74	8791	26
24	9710	10	75	8765	26
25	9700	10	76	8739	26
26	9689	11	77	8712	27
27	9679	10	78	8685	27
28	9668	11	79	8658	27
29	9657	11	80	8631	27
30	9646	11	81	8603	28
31	9634	12	82	8575	28
32	9622	12	83	8547	28
33	9609	13	84	8518	29
34	9596	13	85	8488	30
35	9583	13	86	8458	30
36	9570	13	87	8428	30
37	9556	14	88	8397	31
38	9541	15	89	8365	32
39	9526	15	90	8332	33
40	9510	16	91	8299	33
41	9494	16	92	8265	34
42	9478	16	93	8230	35
43	9461	17	94	8194	36
44	9444	17	95	8157	37
45	9427	17	96	8118	39
46	9409	18	97	8077	41
47	9391	18	98	8034	43
48	9373	18	99	7988	46
49	9354	19	100	7939	49
50	9335	19			

Vermittelst dieser Tafel und irgend eines Apparats, um das specifische Gewicht einer Flüssigkeit abzuwägen, findet sich der Alkoholgehalt eines bloß aus Wasser und Alkohol bestehenden Gemisches sehr bequem.

Gesetzt, man finde von einem Weingeiste das specifische Gewicht bei 60° F. Wärme 9605, so zeigt die Tafel, daß er in 100 Theilen seines Volumens zwischen 33 und 34 Theile an reinem Alkohol enthält. Wird größere Genauigkeit erfordert, so sucht man den Unterschied der Zahl 9605 von der nächst größeren Zahl, welche sich in der Tafel antreffen läßt; in diesem Beispiele 9609, welche jene um 4 übertrifft. Diese Zahl mache man zum Zähler eines Bruchs, dessen Nenner die Unterschiedszahl der Tafel ist, welche zwischen den specifischen Gewichten für 33 und 34 Alkoholgehalt steht; hier 13. Gedachter Bruch ist also $^4/_{13}$, und es enthält folglich der erprobte Weingeist $33^4/_{13}$ Procent seines Volumens an reinem Alkohol. Hätte man z. B. von diesem Weingeiste oder Branntweine 175 Quart, so würde sich die darin enthaltene Menge Alkohols finden, wenn man sagt: 100 geben $33^4/_{13}$, wie viel geben 115? Antwort: $58^1/_3$ Quart beinahe. Tralles bemerkt hierbei, daß man nicht folgern dürfe, weil $58^1/_3$ Quart Alkohol in den 175 Quart Branntwein enthalten seien, sei der Rest, nämlich $116^2/_3$ Quart, Wasser; denn es ist des Wassers mehr in der Mischung vorhanden, worauf obige Tafel keine Rücksicht zu nehmen hat. Sie ist bloß darauf berechnet, das Volumen des Alkohols, und nicht das Volumen des Wassers, in dem von der Mischung beider eingenommenen und durch chemische Wirkung verengten Raume anzugeben.

Obgleich diese Tafel, um ihrem besondern Zwecke am angemessensten zu sein, den Alkoholgehalt in Maß und nicht nach Gewicht angiebt, so läßt sich doch auch dieses vermittelst derselben finden. Wenn man nämlich nach der Tafel gefunden hat, wie viele Maße Alkohol in 100 Maßen der zu erprobenden Flüssigkeit enthalten sind, so multiplicire man diese Anzahl Maße mit dem specifischen Gewichte des reinen Alkohols, also mit 7939. Die herauskommende Zahl zeigt an, wie viele Pfunde reiner Alkohol im 100fachen der Zahl, die das specifische Gewicht der erprobten Flüssigkeit angiebt, an Pfunden enthalten sind. Also im oben angenommenen Falle sind $33^4/_{13}$mal 7939, d. i. 264430 Pfd. Alkohol, in 100 mal 9605, d. i. in 960500 Pfd. der Mischung enthalten. Wie viele Pfunde Alkohol in jeder andern Zahl von Pfunden der Mischung enthalten sind, findet sich dann leicht durch die einfache Proportion: 960500 Pfd. Mischung haben 264430 Pfd. Alkohol, wie viel hat die vorgegebene Zahl von Pfunden der Mischung?

Es läßt sich hiernach aus jener Tafel leicht eine andere berechnen, welche für jede 100 Pfd. der Mischung angiebt, wie viele Pfunde reiner Alkohol in derselben sein müssen.

Die gegebene Tafel setzt voraus, daß die zu erprobende Mischung bei 60° des Fahrenheit'schen Thermometers ihrem specifischen Gewichte nach bestimmt worden sei. Diese Temperatur läßt sich freilich einer Flüssigkeit in unsern Gegenden zu jeder Zeit mittheilen, und durch ein zur Hand befindliches Thermometer kann man sich versichern, daß dieser Wärmegrad der Flüssigkeit gegeben worden sei, bevor man das specifische Gewicht selbst bestimmt. Damit aber auch für jeden andern Wärmegrad unmittelbar das specifische Gewicht, welches bei

60° F. statthaben muß, gefunden werden könne, ist es nöthig, sich folgender, aus zwei Theilen bestehender Tafel zu bedienen, welche angiebt, um wie viel sich das specifische Gewicht der Mischungen von Alkohol und Wasser für jede 5 Grade des Fahrenheit'schen Thermometers ändert. Es ist hinlänglich, dieses bloß von 5 zu 5 Maßen des Alkoholgehalts in 100 der Mischung anzuzeigen, weil sich die nöthige Rechnung für einzelne Maße, sowie für einzelne Grade der Thermometerscale, aus einer solchen Tafel leicht führen läßt.

Der erste Theil dieser Tafel giebt an, wie viel das specifische Gewicht der Mischungen, die bei 60° F. 0, 5, 10, 15... Maße Alkohol in Hundert enthalten, sich für die Wärmegrade unter 60 (d. i. für 55, 50 u. f. bis 30) vergrößert. Der zweite Theil giebt an, wie viel sich das specifische Gewicht derselben Mischungen bei den Wärmegraden über 60, für 65, 70 u. f. bis 100, vermindert.

II. Tafel.

Veränderungen des specifischen Gewichts der Branntweine mit der Wärme.

Reiner Alkohol in 100 Maß bei 60° Fahrenheit	Specif. Gewicht dieses Branntweins bei 60° Fahrenheit	Zunahme des für 60° F. geltenden specifischen Gewichts bei folgendem Stande des Fahrenh. Thermometers						Abnahme des für 60° F. geltenden specifischen Gewichts bei folgenden Ständen des Fahrenh. Thermometers							
		55°	50°	45°	40°	35°	30°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°	100°
Maß															
0	9991	4	7	9	9	9	7	5	11	17	24	32	40	50	60
5	9919	4	7	9	10	10	9	5	11	18	25	33	42	51	62
10	9857	5	9	12	14	15	15	6	13	20	29	37	47	57	68
15	9802	6	12	17	21	23	25	7	15	25	34	44	55	67	79
20	9751	8	16	23	29	35	39	9	19	30	41	53	66	79	93
25	9700	10	21	31	39	48	56	11	24	36	50	63	78	93	109
30	9646	13	26	39	51	62	73	14	28	43	59	75	91	108	125
35	9583	16	31	46	61	75	89	17	33	50	68	86	104	122	141
40	9510	18	35	52	70	89	103	18	37	56	75	94	114	134	154
45	9427	19	39	57	76	94	112	20	40	60	80	101	122	143	164
50	9335	20	40	60	80	99	118	21	42	63	84	106	128	150	173
55	9234	21	42	63	84	104	124	22	43	65	87	109	132	155	178
60	9126	22	43	65	86	107	127	22	44	67	90	113	136	159	183
65	9013	22	45	67	88	109	130	22	45	68	92	115	138	162	187
70	8892	22	45	68	90	112	133	23	46	69	93	117	141	165	190
75	8765	23	46	68	91	113	135	23	46	70	94	119	143	167	192
80	8631	23	47	70	92	115	137	23	47	71	96	120	144	169	194
85	8488	23	47	70	93	116	139	24	48	72	96	121	145	170	195
90	8332	24	48	71	94	117	140	24	48	72	97	121	146	171	196

Diese Tafel geht nur bis 90 Maß Alkoholgehalt in Hundert, weil im Handel ein höherer Gehalt nicht vorkommt. Man sieht unmittelbar, daß die Zahlen unter den Thermometergraden, je nachdem diese unter oder über 60 sind, zu den specifischen Gewichten bei 60 selbst hinzugesetzt oder davon subtrahirt, die specifischen Gewichte für die verschiedenen Wärmegrade unmittelbar geben. Es ließen sich also aus dieser Tafel 15 solche Tafeln herleiten, wie die zuerst gegebene, nur daß diese nicht, wie jene, für jedes einzelne Maß Alkohol in Hundert

des Branntweins, sondern nur von fünf zu fünf Maßen Alkoholgehalt das specifische Gewicht bei den verschiedenen Temperaturen anzeigen. Ohne solche Tabellen wirklich zu vollenden, läßt sich aus der zuletzt gegebenen der Alkoholgehalt bei jeder Temperatur durch leichte Rechnungen finden.

Es ist bei der Untersuchung des specifischen Gewichts noch auf eine Berichtigung Rücksicht zu nehmen, welche die vorigen Tabellen nicht enthalten. Diese Berichtigung hängt von der Materie ab, durch welche das specifische Gewicht bestimmt wird, nämlich der des hohlen Körpers, welcher zu diesem Zwecke mit dem Branntweine angefüllt, oder in denselben gesenkt, oder abgewogen wird. Dieser Körper oder dieses Gefäß ändern ihr Volumen mit der Wärme, und es müßte daher jedes Mal dasjenige Volumen berechnet werden, welches sie bei der Temperatur von 60° F. haben würden, sowie der Einfluß dieser Raumveränderung auf das Gewicht der aus der Stelle gedrückten oder in dem Gefäß enthaltenen Flüssigkeit. Diesem auszuweichen dient vornehmlich die folgende Tafel. Sie enthält nicht das absolute specifische Gewicht der Flüssigkeiten von verschiedenem Alkoholgehalte, sondern ihr scheinbares, in der Voraussetzung, daß die Flüssigkeiten mittelst eines gläsernen Gefäßes oder Körpers abgewogen werden. Auch findet sich bei dieser Tafel noch eine Spalte für Messing, um auch beim Gebrauche dieser Materie zur Erforschung des specifischen Gewichts die nöthigen Data sogleich zur Hand zu habeu.

III. Tafel.

Scheinbares specifisches Gewicht der Branntweine von verschiedener Mischung und Wärme, wie es sich bei Abwägung mittelst eines Glaskörpers zeigt.

Alkohol Procent	Temperaturen						Alkohol Procent	Temperaturen					
	30° F.	35°	40°	45°	50°	55°		60° F.	65°	70°	75°	80°	85°
0	9994	9997	9997	9998	9997	9994	0	9991	9987	9981	9976	9970	9962
5	9924	9926	9926	9926	9925	9922	5	9919	9915	9909	9903	9897	9889
10	9868	9869	9868	9867	9865	9861	10	9857	9852	9845	9839	9831	9823
15	9823	9822	9820	9817	9813	9807	15	9802	9796	9788	9779	9771	9761
20	9786	9782	9777	9772	9766	9759	20	9751	9743	9733	9723	9713	9701
25	9752	9745	9737	9729	9720	9709	25	9700	9690	9678	9666	9653	9640
30	9715	9705	9694	9683	9671	9658	30	9646	9633	9619	9605	9590	9574
35	9668	9655	9641	9627	9612	9598	35	9583	9567	9551	9535	9518	9500
40	9609	9594	9577	9560	9544	9527	40	9510	9493	9474	9456	9438	9419
45	9535	9518	9500	9482	9464	9445	45	9427	9408	9388	9369	9350	9329
50	9449	9431	9413	9393	9374	9354	50	9435	9315	9294	9274	9253	9232
55	9354	9335	9316	9295	9275	9254	55	9234	9213	9192	9171	9150	9128
60	9249	9230	9210	9189	9168	9147	60	9126	9105	9083	9061	9039	9016
65	9140	9120	9099	9078	9056	9034	65	9013	8992	8969	8947	8924	8901
70	9021	9001	8980	8958	8936	8913	70	8892	8870	8847	8825	8801	8778
75	8896	8875	8854	8832	8810	8787	75	8765	8743	8720	8697	8673	8649
80	8764	8743	8721	8699	8676	8653	80	8631	8609	8585	8562	8538	8514
85	8623	8601	8579	8556	8533	8510	85	8488	8465	8441	8418	8394	8370
90	8469	8446	8423	8401	8379	8355	90	8332	8309	8285	8262	8238	8214

Reductions-Täfelchen für Messing.

Folgende Zahlen sind zu den specifischen Gewichten zu addiren oder von ihnen zu subtrahiren für messingne Spindeln u. s. f.:

subtr.	5	4	3	2	2	1	add.	0	1	2	2	3	4

Gesetzt, man habe ein gläsernes Aräometer, welches so eingerichtet ist, daß es bei 60° F. Wärme das specifische Gewicht der Flüssigkeiten richtig angiebt; vermittelst desselben finde man z. B. das specifische Gewicht eines Branntweins bei 40° Wärme 9835. Um dessen Gehalt an Alkohol zu kennen, suche man in der Columne von Zahlen, die unter 40° stehen, die zwei jener am nächsten kommenden, von welchen die eine größer, die andere also kleiner als 9835 ist. Nebst jenen Zahlen schreibt man zugleich den in der ersten Columne mit denselben in gleicher horizontalen Reihe angezeigten Alkoholgehalt auf.

a) Man subtrahirt das beobachtete scheinbare specifische Gewicht vom nächst größern der Tafel.
b) Man subtrahirt die beiden denselben am nächsten kommenden Zahlen der Tafel von einander.
c) Mit dieser Zahl dividirt man das Fünffache der ersten Differenz.
d) Die herausgekommene Zahl wird dem Alkoholgehalte, welcher der größten der aus der Tafel genommenen Zahlen entspricht, hinzugesetzt, und die Summe ist der verlangte Alkoholgehalt der Flüssigkeit.

In diesem Beispiel steht die Rechnung so:

Für 40° F. aus der Tafel
sind die 9835 am nächsten kommenden Zahlen:
9868, entspricht 10 Alkoholgehalt
9820, „ 15 „

a) Differenz der beiden ersten 33; das Fünffache 165
b) Diff. der zwei letzten Zahlen 48
c) $^{165}/_{48}$ . . . . soviel als $3^{21}/_{48}$
Alkoholgehalt entsprechend der größten Zahl . 10

Alkoholgehalt des Branntweins oder Lutters,
der erprobt wird . . . . $13^{21}/_{48}$
oder beinahe $13^{1}/_{2}$ Procent.

Ist die beobachtete Temperatur nicht gerade in der Tafel vorhanden, so können die entsprechenden nächst größern und nächst kleinern Zahlen nicht unmittelbar aus der Tafel genommen werden, man erhält sie aber durch eine äußerst leichte Rechnung. Man habe z. B. bei 78° F. Wärme mittelst des Glasaräometers das specifische Gewicht eines Branntweins 9360 gefunden. Die Ansicht der Tafel allein giebt zu erkennen, daß diese Flüssigkeit einen Alkoholgehalt habe, der zwischen 40 und 50 fällt. Man sucht also für den Alkoholgehalt von 40, 45 und 50 das specifische Gewicht für 78° F. Wärme. Die Tafel giebt dieses nur für 75 und 80, zwischen welchen 78° fällt, welches 3 Grad mehr ist als 75°. Man nehme nun aus den Tafeln für die dem beobachteten Wärmegrade am nächsten kommenden Grade die dem beobachteten specifischen Gewichte am nächsten kommenden Zahlen und die Unterschiede dieser Zahlen.

Alkoholgehalt	75°	80°	Unterschiede
40	9456	9438	18
45	9369	9350	19
50	9274	9253	21

Weil die beobachtete Temperatur 3⁰ größer ist, als die nächst kleinere, so sagt man:

5⁰ geben	18;	was geben	3⁰?	Antwort:	11
5⁰ =	19;	= =	3⁰?	=	11
5⁰ =	21;	= =	3⁰?	=	13

Diese Zahlen werden von den specifischen Gewichten unter 75⁰ subtrahirt, und man erhält die scheinbaren specifischen Gewichte für 78⁰,

nämlich für 40	Alkoholgehalt	9445
= 45	=	9358
= 50	=	9261

Nun sieht man, daß das gegebene scheinbare specifische Gewicht 9360 zwischen 40 und 45 und nahe am letztern fällt, und verfährt wie zuvor. Nämlich:

		Unterschiede
beobachtetes specifisches Gewicht	9360	
für 40 Alkoholgehalt . .	9445	85
= 45 = . .	9358	87

87 geben 5, was geben 85? Antwort: $4^{77}/_{87}$, wofür man $4^{9}/_{10}$ setzen kann. Also ist der Gehalt des erprobten Branntweins $44^{9}/_{10}$.

Es ist aber die Berechnung für 50 Alkoholgehalt überflüssig gewesen, wie eine aufmerksame Ansicht der Zahlen der Tabelle es im Voraus hätte erkennen lassen. Allein um zu zeigen, daß auch ohne näheres Nachsuchen die Rechnung eben nicht größer wird, und um zugleich anzudeuten, wie man sich zu verhalten habe, wenn man unsicher ist, zwischen welchen beiden Alkoholgehalten der Tafel der vorgegebene zu stellen ist, sind drei gewählt worden, welche in jedem Falle ausreichen.

Das unten angehängte Täfelchen zeigt, welche Zahlen statt der in den Tafeln stehenden gebraucht werden müssen, wenn man mit einem messingenen statt mit einem gläsernen Instrumente das specif. Gewicht nimmt. Die specifischen Gewichte bei 30⁰ Temperatur müssen alle um die Zahl 5 vermindert werden, bei 35⁰ um 4 u. s. f. Ueber 60⁰ hingegen muß man bei 65⁰ 1, bei 70⁰ 2 ... den Zahlen der Columne unter denselben Temperaturen hinzusetzen. Hat man nämlich zwei Aräometer, welche beide genau für 60⁰ Wärme das specifische Gewicht der Flüssigkeiten angeben, von denen das eine Glas, das andere Messing ist, so werden sie nur in Flüssigkeiten von 60⁰ F. harmoniren, bei andern Temperaturen aber von einander abweichen. Wenn z. B. in einer Flüssigkeit von 30⁰ Temperatur das gläserne Aräometer 9708 angiebt, so wird das messingene nur 9703 anzeigen. Zeigt jenes in einer Flüssigkeit von 85 Grad Wärme 9708 an, so giebt dieses dagegen 9712. Wenn man mit messingenen Gefäßen oder Aräometern das specifische Gewicht der Branntweine untersucht, so ist es hinreichend, den Angaben derselben die Zahlen 5, 4, 3, 2, 2, 1 hinzuzusetzen oder davon abzuziehen, je nachdem die Temperatur 30, 25, 20, 15, 10, 5 Grade unter oder über 60 Grad ist, und dann die Resultate nach den Tabellen über das Glasaräometer zu behandeln.

Vermöge der vorhergehenden Tafel findet man zwar aus dem scheinbaren specifischen Gewichte, wie viele Maß Alkohol in 100 der Mischung oder des Branntweins enthalten sind, wenn diese Mischung wirklich die Temperatur von

60° F. hätte; hat sie aber eine andere Temperatur, so kann dies Unterschiede von mehr als Eins vom Hundert veranlassen. Es ist daher ein zweites Erforderniß, das Volumen des wirklich vorhandenen Gemisches oder Branntweins bei 60° F. zu kennen. Und dabei verfährt man wie folgt:

Hat man nach der vorhergehenden Tafel den Alkoholgehalt gefunden, so wird das Volumen der vorhandenen Flüssigkeit gemessen und dabei der Wärmegrad derselben beobachtet. Gesetzt, der erprobte Alkoholgehalt sei der im vorigen Beispiele gefundene $44^9/_{10}$, die Temperatur 75° F., und das Volumen des Branntweins bei 75° F. 347 Quart.

Man nimmt dann a) aus der Tafel I. das specifische Gewicht für $44^9/_{10}$ Alkoholgehalt. Dieses ist für 44: 9444, für $^9/_{10}$ wird es vermindert um $^9/_{10}$ mal 17, d. i. um 15, beträgt also für $44^9/_{10}$ bei 60° F. 9429.

Man sucht ferner b) aus der Tafel II., wie viel das specifische Gewicht von $44^9/_{10}$ Alkoholgehalt für 75° sich ändert; man findet daselbst 60.

c) Diese Zahl subtrahirt man von der aus der Tafel I. genommenen 9429 (weil die Temperatur 75 über 60 Grad ist, denn im entgegengesetzten Falle muß man die Zahlen addiren) und erhält zum Rest 9369.

d) Nun sagt man: wie die Zahl 9429 (a) zu der Zahl 9369 (c), so verhält sich die Zahl der Quarte 347 bei 75° F. zu der Zahl der gesuchten Quarte Branntwein bei 60°. Diese ist also 347 mal 9369, dividirt durch 9429, welches 345 Quarte macht, wenn man auf einen kleinen Bruch nicht sieht. Da man schon weiß, daß 100 dieses Branntweins $44^9/_{10}$ Alkohol enthalten, so sucht man nunmehr, wie viel (nicht 347, sondern) 345 Quarte enthalten. Antwort: $165^9/_{10}$ Quart. Dieses ist die wahre Quantität reinen Alkohols von 60° F., welche in dem erprobten Branntweine enthalten ist, nach welcher sich dessen Werth und die Abgabe von demselben proportioniren muß.

Eine vierte Tafel hat Tralles zur Ersparung dieser Berechnung gegeben, es wird aber dabei vorausgesetzt, daß das Volumen des Branntweins bei derselben Temperatur gemessen werde, bei welcher das specifische Gewicht desselben zu seiner Gehaltserprobung genommen wird. Wenn man dieses beobachtet, so ist die folgende Tafel vom bequemsten Gebrauche. Bis gegen 25 Alkoholgehalt weicht sie von der vorigen nicht ab, weil sich das specifische Gewicht, sofern es nur mit 4 Zahlen angegeben wird, bei so geringem Alkoholgehalte noch nicht ändert. Bei größerem Alkoholgehalte ist nicht allein die Aenderung, die dieser erleidet, an sich größer, sondern es entsprechen auch gleichen Aenderungen, wie zuvor, hier größere Unterschiede des specifischen Gewichts. Uebrigens sind auch die specifischen Gewichte der Tafel scheinbare, und zwar in Beziehung auf Glas. Wird vermittelst eines messingenen Körpers das specifische Gewicht genommen, so muß man von den vorhandenen Zahlen nach Maßgabe der Temperatur 5, 4 . . . 1 subtrahiren oder 1, 2, 2 . . . addiren, und dann erst mit den so verminderten oder vergrößerten Zahlen in der Haupttabelle das Gehörige für den zu suchenden Alkoholgehalt vornehmen. Damit Alles beisammen stehe, ist das letzte Täfelchen hier aus der vorigen wiederholt.

IV. Tafel, welche den wahren Alkoholgehalt aus dem Volumen und dem scheinbaren specifischen Gewichte der Branntweine giebt, wenn beide bei gleicher Temperatur bestimmt worden sind.

Alkoholgehalt Proc.	Temperaturen						Alkoholgehalt Proc.	Temperaturen					
	30° F.	35° F.	40° F.	45° F.	50° F.	55° F.		60° F.	65° F.	70° F.	75° F.	80° F.	85° F.
0	9994	9997	9997	9998	9997	9994	0	9991	9987	9981	9976	9970	9962
5	9924	9926	9926	9926	9925	9922	5	9919	9915	9909	9903	9897	9889
10	9868	9869	9868	9867	9865	9861	10	9857	9852	9845	9839	9831	9823
15	9823	9822	9820	9817	9813	9807	15	9802	9796	9788	9779	9771	9761
20	9786	9782	9777	9772	9766	9759	20	9751	9743	9733	9722	9711	9700
25	9753	9746	9738	9729	9720	9709	25	9700	9690	9678	9665	9652	9638
30	9717	9707	9695	9684	9672	9659	30	9646	9632	9618	9603	9588	9572
35	9671	9658	9644	9629	9614	9599	35	9583	9566	9549	9532	9514	9495
40	9615	9598	9581	9563	9546	9528	40	9510	9491	9472	9452	9433	9412
45	9544	9525	9506	9486	9467	9447	45	9427	9406	9385	9364	9342	9320
50	9460	9440	9420	9399	9378	9356	50	9335	9313	9290	9267	9244	9221
55	9368	9347	9325	9302	9279	9256	55	9234	9211	9187	9163	9139	9114
60	9267	9245	9222	9198	9174	9150	60	9126	9102	9076	9051	9026	9000
65	9162	9138	9113	9088	9063	9038	65	9013	8988	8962	8936	8909	8882
70	9046	9021	8996	8970	8944	8917	70	8892	8866	8839	8812	8784	8756
75	8925	8899	8873	8847	8820	8792	75	8765	8738	8710	8681	8652	8622
80	8798	8771	8744	8716	8688	8659	80	8631	8602	8573	8544	8514	8483
85	8663	8635	8606	8577	8547	8517	85	8488	8458	8427	8396	8365	8333
90	8517	8486	8455	8425	8395	8463	90	8332	8300	8268	8236	8204	8171

Reduction für Messing auf Glas.

additiv	5	4	3	2	2	1	subtract.	0	1	2	2	3	4

Es sei z. B. bei 70° F. eines Branntweins scheinbares specifisches Gewicht 9450 und sein Volumen 217 Quart gefunden worden; wie viele Quart Alkohol von 60° Temperatur enthält er? In der Spalte unter der Ueberschrift 70° nehme man (a) die beiden Zahlen, welche dem beobachteten scheinbaren specifischen Gewichte am nächsten sind, nebst den ihnen entsprechenden Alkoholgehalten; nehme auch (b) die Differenz der Zahlen, und (c) die Differenz der größern und der Zahl, welche die Beobachtung gegeben hat; dann setzt man (d): wie die erste Differenz [b] zu der zweiten [c], so die Zahl 5, als Alkoholgehalts-Unterschied der Tafel, zu einer Zahl, welche angiebt, wie viel zum geringsten Alkoholgehalt in der Tafel hinzugefügt werden muß, um den verlangten Gehalt zu haben.

			Differenzen
	70°	9450	
(a) 40	Alkoholgehalt	9472	22 (c)
45	=	9385	87 (b)

(d) 87 geben 5, was geben 22? Antwort: $1^3/_{10}$ ungefähr. Also enthält der Branntwein $41^3/_{10}$ Quart Alkohol von 60° in 100 des Branntweins von 70°. Nun ist bloß noch zu sagen: 100 enthalten $41^3/_{10}$, wie viel 217? und es findet sich auf diese Art, daß die erprobte Branntweinmenge $89^6/_{10}$ Quart Alkohol von 60° Wärme enthält.

Bleibt das specifische Gewicht wie oben, ist aber die Temperatur, bei welcher es genommen und die Quantität des Branntweins gemessen ist, 72°, welche Temperatur sich nicht unmittelbar in den Tafeln findet, so ist man genöthigt, eine Vorbereitung zu machen und die specifischen Gewichte, zwischen welche das beobachtete fällt, aus den Tafeln für 72° zu berechnen.

a) Unmittelbar sieht man, daß das specifische Gewicht einem Gehalt von beiläufig 40 entspricht; b) daß dabei das specifische Gewicht um 20 abnimmt für 5° Wärmezunahme, also um 8 für 2°.

		Untersch.
Bei 72° beobachtet	9450	
40 Alkohol-Gehalt 9472 weniger 8 ist	9464	14
45 = = 9385 = 8 =	9377	87

87 : 5 = 14? geben beinahe 1.

Also Alkoholgehalt 41

und 217 Quart also beinahe 89.

Im vorigen Beispiele fanden wir bei denselben Zahlen, aber 70° Wärme, $89^6/_{10}$ Quart; diese Abweichung ist ein Effect der Temperatur und zeigt, wie viel man vernachlässigt, wenn man auf die einzelnen Thermometergrade nicht achten will, sondern sich mit den Angaben der Tafel begnügt, oder wie viel man im Resultate fehlt, wennn man das Thermometer nicht genau beobachtet.

Es ist zu bemerken, daß statt der letztern Tafel eine andere berechnet werden könnte, welche zu bestimmten specifischen Gewichten den Alkoholgehalt bei verschiedenen Temperaturen angäbe. Es müßte nämlich nach Anleitung des erst gegebenen Beispiels berechnet werden, welche Alkoholgehalte bei 30, 35, 40 u. f. bis 85 Grad dem specifischen Gewichte von 9950, dem von 9900 u. s. w. entsprächen. So erhielte man eine Tafel, in deren erster Spalte die scheinbaren specifischen Gewichte nach der Ordnung ständen, und worin die übrigen mit den verschiedenen

Wärmegraden überschriebenen Spalten die entsprechenden Alkoholgehalte enthielten. Diese Tafel hätte ihre Bequemlichkeit, doch würde auch sie, ohne etwas Rechnung, nicht ganz brauchbar sein.



Weiter handelt Tralles von den Mitteln, um das specifische Gewicht der Flüssigkeiten auszumitteln. Er empfiehlt namentlich seine schon früher beschriebene hydrostatische Wage (s. S. 281 f.).

Damit die Wage zu dem gegenwärtigen Zwecke am bequemsten sei, muß der Künstler die Gewichte so einrichten, daß die Einheit derselben $\frac{1}{9978}$ des Gewichts der Wage und derjenigen Belastung derselben sei, mit der sie in destillirtem Wasser von 60° F. Temperatur bis zu dem angenommenen Zeichen eingetaucht schwimmt. Ferner muß auf der Schale eine Zahl bemerkt werden, die um 13 größer ist, als das Gewicht der Wage sammt ihrer bloßen Schale, wenn beide in freier Luft abgewogen werden. Wird dann diese Wage in irgend eine Flüssigkeit gesenkt und mit dem ihr zugehörigen Gewichte beladen, bis sie genau an das Zeichen (oder die Mitte) des Halses in die Flüssigkeit kommt, so ist die Summe der auf der Schale liegenden Gewichte und der auf dieser angezeigten Zahl das, was wir scheinbares specifisches Gewicht genannt haben.

Endlich giebt Tralles Anweisung zur Herstellung der gebräuchlichen Scalenaräometer für Weingeist, der Alkoholometer mit einer Scale, welche den Alkoholgehalt nach Volumenprocenten direct angiebt. Die Spindeln, in Form der allergewöhnlichsten Aräometer, mit langen cylindrischen oder wenigstens durchaus so viel als möglich gleich dicken Hälsen, werden für 60° Temperatur richtig verfertigt. In jedem reinen Lutter oder Branntweine von dieser Temperatur zeigt dann der Punkt, bis an welchen die Spindel einsinkt, wie viel Quart Alkohol in hundert des Lutters oder Branntweins enthalten sind. Zur Herstellung und Prüfung solcher Spindeln dient die folgende Tafel, welche die verhältnißmäßige Größe der Grade des Alkoholometers angiebt, in der Voraussetzung, die Röhre desselben habe durchgehends gleiches Volumen für gleich lange Theile derselben. Die erste Spalte enthält den Alkoholgehalt in Maßen, deren die Mischung 100 hat. Die zweite zeigt die Stelle an, wo das dem Alkoholgehalt entsprechende Zeichen sich finden muß, und zwar durch die Entfernung von einem Punkte, über welchen sich das Aräometer im Wasser nie erhebt. Die dritte Spalte enthält die Größe der Grade, oder die Länge des Theils der Röhre, welcher sich in die Flüssigkeit einsenken muß, wenn ihr Alkohol-Gehalt um 1 zunimmt.

V. Tafel für Alkoholometer, für 60° F. Wärme.

Alkoholgehalt nach dem Volumen	Länge des sich einsenkenden Theils d. Halses	Größe des Intervalls	Alkoholgehalt nach dem Volumen	Länge des sich einsenkenden Theils d. Halses	Größe des Intervalls
0	9	15	50	712	23
1	24	15	51	735	23
2	39	15	52	758	24
3	54	14	53	782	24
4	68	14	54	806	24
5	82	13	55	830	24
6	95	13	56	854	25
7	108	13	57	879	26
8	121	12	58	905	26
9	133	12	59	931	26
10	145	12	60	957	27
11	157	12	61	984	27
12	169	11	62	1011	28
13	180	11	63	1039	28
14	191	11	64	1067	29
15	202	11	65	1096	29
16	213	11	66	1125	29
17	224	11	67	1154	30
18	235	10	68	1184	31
19	245	10	69	1215	31
20	256	10	70	1246	32
21	266	11	71	1278	32
22	277	11	72	1310	32
23	288	11	73	1342	33
24	299	11	74	1375	34
25	310	11	75	1409	34
26	321	11	76	1443	35
27	332	12	77	1478	36
28	344	11	78	1514	36
29	355	12	79	1550	37
30	367	13	80	1587	37
31	380	13	81	1624	38
32	393	14	82	1662	39
33	407	13	83	1701	39
34	420	14	84	1740	41
35	434	15	85	1781	42
36	449	16	86	1823	43
37	465	16	87	1866	44
38	481	17	88	1910	45
39	498	17	89	1955	47
40	515	18	90	2002	48
41	533	18	91	2050	49
42	551	18	92	2099	51
43	569	18	93	2150	53
44	588	20	94	2203	56
45	608	20	95	2259	59
46	628	20	96	2318	62
47	648	21	97	2380	67
48	669	21	98	2447	72
49	690	22	99	2519	78
			100	2597	

Wenn ein Künstler ein Alkoholometer verfertigen will, so muß er mit der hydrostatischen Wage oder auf eine andere zuverlässige Weise das specifische Gewicht irgend einer leichteren Flüssigkeit als Wasser nebst dem entsprechenden Alkoholgehalt für 60° F. Wärme bestimmen, wobei er sich also der angegebenen Tafel I. zu bedienen hat. Dann wird das bis auf die Eintheilung des Halses schon vollendete Aräometer in eben die Flüssigkeit bei 60° Temperatur gethan und genau bemerkt, wie weit es einsinkt. Ferner wird der Punkt auf dem Halse bemerkt, bis zu welchem das Aräometer in reinem Wasser von 60° Wärme sich einsenkt. Der Zwischenraum zwischen diesen zwei bemerkten Punkten wird nach vorstehender Tafel eingetheilt. Dies zu erläutern diene folgendes Beispiel:

Dem specifischen Gewichte der leichtern Flüssigkeit entspreche ein Alkoholgehalt von 73. Aber für 73 muß die Länge des einsinkenden Theils des Halses, der Tafel zufolge, sein 1342
für reines Wasser, desgl. 9
Differenz oder Länge des Zwischenraums 1333

Es muß also der Zwischenraum angenommen werden, welchen die beiden Punkte haben, und der Künstler muß diesen in 1333 Theile theilen.

Von solchen Theilen trägt der Künstler 9 unterhalb des im Wasser beobachteten Zeichens am Halse auf, und von diesem niedrigsten Punkte ab schreibt er nach einander alle die Zahlen in die Höhe, welche für jedes Quart Alkoholgehalt in 100 Quart Branntwein in der Tafel angegeben stehen. Ist dieses geschehen, so ist die Scale des Alkoholometers fertig, in der Voraussetzung, der Hals sei durchgehends von gleichem Caliber.

Ist dieses nicht der Fall, oder überhaupt da der Künstler davon nicht vollkommen ohne Proben überzeugt sein kann, so senkt er sein noch einzutheilendes Aräometer in Flüssigkeiten von mehrerem und minderem Alkoholgehalte, der zuvor durch die hydrostatische Wage bei 60° Temperatur gefunden ist, bemerkt die Stellen, bis an welche das Aräometer in diesen Flüssigkeiten einsinkt, und theilt nun die verschiedenen Zwischenräume jeden besonders nach Maßgabe der Tafel ein.

Gesetzt, man bemerke die Punkte von 73, 51, 27 auf dem Halse,

			Unterschiede
73	entsprechen	1342	
			607
51	=	735	
			403
27	=	332	

so müssen 607 eben solche Theile, von welchen das untere Intervall (zwischen 27 uud 51) 403 enthält, das obere Intervall geben, welches also fast genau um die Hälfte länger als das untere sein muß. Hat dieses nicht statt, so muß jeder Zwischenraum für sich in die ihm zukommende Zahl von Theilen getheilt werden. Nur werden von solchen, deren das untere 403 hat, vom Punkte, der 27 Alkoholgehalt bezeichnet, aus, 12, 23, 35, 48 ꝛc. Theile aufgetragen, um die Punkte für 28, 29, 30, 31 ꝛc. Alkoholgehalt zu bekommen. Auf dieselbe Art trägt man von denjenigen Theilen, deren das obere Intervall 607 hat, vom Punkte, dem 51 Alkoholgehalt zugehört, 23, 47, 71, 95 ꝛc. in die Höhe, wodurch sich die Punkte für 52, 53, 54, 55 u. s. f. Alkoholgehalt ergeben. Je unregelmäßiger der Hals ist, desto mehr Zwischenräume hat der Künstler durch besondere Versuche zu erproben und zu bestimmen.

Vermittelst einer solchen Spindel findet man unmittelbar den Alkoholgehalt einer Flüssigkeit, in welcher sie eingesenkt wird, aber nur unter der Bedingung, daß die Temperatur derselben 60° F. sei. Es ist also erforderlich, die Veränderungen anzugeben, welche entstehen, wenn sich diese Temperatur ändert. Folgende Tafel giebt dafür die nöthige Uebersicht.

VI. Tafel, um den wirklichen Alkohol-Gehalt aus den Anzeigen des Aräometers bei verschiedenen Temperaturen zu finden.

Wahrer Alkoholgehalt bei 60°	Angabe eines Glasaräometers bei den Temperaturen										
	30°	35°	40°	45°	50°	55°	65°	70°	75°	80°	85° F.
0	—0,2	—0,4	—0,4	—0,5	—0,4	—0,2	0,2	0,6	1,0	1,4	1,9
5	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3
10	9,1	9,0	9,1	9,2	9,3	9,7	10,4	11,0	11,6	12.3	13,0
15	13,0	13,1	13,3	13,2	14,1	14,5	15,6	16,3	17,1	18,0	19.0
20	16,5	16,9	17,4	17,9	18,5	19,2	20,8	21,8	22.9	23,9	25,0
25	19,8	20,5	21.3	22,2	23,0	24,1	25,9	27,1	28,3	29,5	30,7
30	23,3	24,3	25,5	26,5	27.6	28,8	31,2	32,3	33,5	34,6	35,9
35	27,7	28,9	30,2	31,4	32,6	33,8	36,3	37,5	38,6	39,7	40,9
40	32,5	33,8	35,1	36,5	37,7	38,9	41,2	42,4	43,5	44,6	45,8
45	37,8	39,1	40,3	41,5	42,7	43,8	46,2	47,3	48,5	49,6	50,8
50	43,1	44,2	45,4	46,6	47,7	48,9	51,1	52,2	53,4	54,5	55,6
55	48,3	49,4	50,5	51.6	52,8	53,9	56,1	57,2	58,3	59,4	60,5
60	53,4	54,5	55,6	56,7	57,8	58,9	61,1	62,2	63,3	64,4	65,5
65	58,4	59,5	60,6	61,7	62,8	63,9	66,0	67,1	68,2	69,3	70.4
70	63,5	64,6	65,7	66,8	67,9	69,0	71,0	72,1	73,2	74,2	75.4
75	68,6	69,7	70,7	71,8	72,9	74,0	76,0	77,1	78,2	79,2	80,3
80	73,7	74,8	75,8	76,9	78,0	79,0	81,0	82,1	83,1	84,1	85,2
85	78,8	79,8	80,9	81,9	83,0	84,0	86,0	87,0	88,0	89,0	90,0
90	84,0	85,1	81,1	87,1	88,1	89,1	91,0	91,9	92,8	93,7	94,6

Anmerkung. Die Striche — vor den Zahlen der obersten Reihe sollen anzeigen, daß das Aräometer unter 0 steht.

Beim Gebrauche dieser Tafel wird erfordert, daß das Volumen bei eben der Temperatur bestimmt werde, bei welcher die Flüssigkeit vermittelst des Aräometers erprobt wird.

Den Gebrauch der Tafel zu erläutern dienen folgende Beispiele:

Gesetzt, von 312 Quart Branntwein bei der Temperatur von 75° F. zeige das Aräometer 46,3 Alkoholgehalt an, wie viel Alkoholgehalt ist in der gegebenen Quantität Branntwein wirklich vorhanden?

In der Spalte von 75° finden sich die dem beobachteten Gehalte am nächsten kommenden

43,5 } entsprechend dem wirklichen Alkoholgehalte { 40 } in Spalte 1.
48,5 } { 50 }

Also zeigt das Aräometer zuviel . . . . . . $3^{5}/_{10}$

beobachtet ist . . . . $46^{3}/_{10}$

Also der wahre Gehalt . . . . $42^{8}/_{10}$

Aber 100 geben $42^8/_{10}$, wie viel geben 312 Quart? Antwort: $133^1/_2$ Quart, gesuchte Quantität des Alkohols.

Zweites Beispiel. Bei 35° F. sei in einem Lutter des Aräometers Anzeige $14^2/_{10}$; was ist dessen wahrer Alkoholgehalt?

Aus der Spalte 35°		Aus der Spalte 1	Unterschied des scheinb. u. wahren Gehalts
13,1	machen an wahrem Alkoholgehalt	15	1,9
16,9		20	3,1

Daher ist bei $14^2/_{10}$ der wahre Alkoholgehalt mehr als $1^9/_{10}$, aber nicht um $3^1/_{10}$ größer.

Um genauer zu finden, wie viel man zu $14^2/_{10}$ hinzusetzen muß, um den wahren Alkoholgehalt zu haben, nimmt man die Differenz der ersten und die Differenz der letzten Ziffer, auch die Differenz des beobachteten scheinbaren Alkoholgehalts, die das Aräometer anzeigte, und der kleinsten von den beiden ersten Zahlen, und sucht zu diesen dreien nach der Regeldetri die vierte Zahl, welche zum kleinsten der Unterschiede zwischen dem scheinbaren und wahren Alkoholgehalt hinzugefügt denjenigen giebt, den man sucht. Dieser wiederum zur beobachteten Anzeige des Aräometers addirt giebt den verlangten Alkoholgehalt. Also steht die ganze Rechnung so:

Diff. $14^2/_{10}$ — Unterschied

$1^1/_{10}$ $13^1/_{10}$ . . . . . . 15 Diff. $1^9/_{10}$ } $1^2/_{10}$

$3^8/_{10}$ $16^9/_{10}$ . . . . . . 20 Diff. $3^1/_{10}$ }

$3^8/_{10}$ geben $1^2/_{10}$, was geben $1^1/_{10}$?

oder 38 geben 12, was geben $1^1/_{10}$? Antwort: $^3/_{10}$

hierzu addirt . . . . $1^9/_{10}$

Summe oder wie viel das Aräometer zu wenig angiebt $2^2/_{10}$

des Aräometers Anzeige . . . . $14^2/_{10}$

wahrer Alkoholgehalt . . . . $16^4/_{10}$

Hätte man ohne Rechnung bloß eine zwischen $1^9/_{10}$ und $3^1/_{10}$ fallende Zahl genommen und als wahren Unterschied des wirklichen und des angegebenen Alkoholgehalts betrachtet, so würde man kaum um $^1/_3$ einer Abtheilung ($^1/_3$ Proc. Alkoholgehalt) irren können, ohne jene Rechnung anzustellen. Dieser Rechnung ließe sich jedoch auch dadurch ausweichen, daß man der Tafel eine größere Ausdehnung gäbe.

Noch kann man sich auch die Frage vorlegen, wenn die Temperatur nicht gerade in den Tafeln vorhanden wäre, wie ist dann der Alkoholgehalt zu finden?

Es bleibe die Zahl des vorigen Beispiels, aber die Temperatur sei 37° statt der vorher angenommenen 35°.

Weil 37 den 35 am nächsten kommen, so bleiben auch Zahlen und Rechnung wie zuvor. Nun muß man noch zusehen, wie viel bei 40° die Zahlen der Spalten größer sind als bei 35.

35°	40°		
13,1	13,3	Differenz	$2^2/_{10}$
16,9	17,4	=	$^5/_{10}$

Also für $14^2/_{10}$ fällt sie zwischen beiden und kann angenommen werden $^3/_{10}$.

Diese $^{3}/_{10}$ aber entstehen durch 5° Aenderung in der Temperatur und die 37°, bei welchen die Beobachtung stattgefunden, sind nur 2° von 35° verschieden. Also sagt man:

5° geben $^{3}/_{10}$, was geben 2°? Antw.: $^{1}/_{10}$.

Alles dieses läßt sich ohne Rechnung gleichsam aus dem Ansehen der Tafel errathen.

Dieses $^{1}/_{10}$ muß von der vorher gefundenen Differenz zwischen der Anzeige des Aräometers und dem wahren Alkoholgehalt subtrahirt werden, weil dieser Unterschied geringer wird, wenn die Wärme näher an 60 kommt,

also	$^{1}/_{10}$
subtrahirt von dem oben gefundenen	$2^{2}/_{10}$
wirklicher Unterschied zwischen Angabe des Aräometers bei 37 Gr. und wahrem Alkoholgehalt	$2^{1}/_{10}$
Angabe des Aräometers	$14^{2}/_{10}$
wirklicher Alkoholgehalt	$16^{3}/_{10}$

Eine ähnliche Tafel, wie die vorige, für messingene Proben darf nicht übergangen werden, wenn sie gleich an einigen Stellen wenig von der vorigen abweicht. Ihr Gebrauch ist derselbe, wie der der vorigen Tafel. Sie muß angewandt werden, wenn man mit einem Aräometer von Messing beobachtet. Der Gebrauch eines solchen Aräometers ohne Vergoldung ist indeß wenig rathsam, und selbst wenn es vergoldet ist, kann man mit ihm keine große Genauigkeit erzielen, weil die Einschnitte der Theilstriche der freien ungestörten Bewegung desselben in Wasser und andern Flüssigkeiten gleich hinderlich sind.

VII. **Tafel**, um den wirklichen Alkoholgehalt aus dem scheinbaren zu finden.

Wirklicher Alkoholgehalt	Scheinbare Alkoholgehalts-Anzeige des messingenen Probers bei den Temperaturen						Wirklicher Alkoholgehalt	Scheinbare Alkoholgehalts-Anzeige des messingenen Probers bei den Temperaturen				
	30°	35°	40°	45°	50°	55° F.		65°	70°	75°	80°	85° F.
0	—0,1	—0,1	—0,2	—0,3	—0,3	—0,2	0	0,2	0,5	0,9	1,2	1,7
5	5,0	4,8	4,7	4,8	4,7	4,8	5	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0
10	9,5	9,4	9,4	9,4	9,5	9,7	10	10,3	10,8	11,4	12,0	12,6
15	13,5	13,5	13,6	13,7	14,0	14,6	15	15,5	16,2	17,0	17,7	18,6
20	17,0	17,3	17,7	18,1	18,7	19,3	20	20,7	21,6	22,7	23,7	24,6
25	20,3	20,9	21,6	22,4	23,3	24,2	25	25,8	26,9	28,1	29,2	30,3
30	23,8	24,7	25,8	26,8	27,8	28,9	30	31,1	32,2	33,3	34,4	35,5
35	28,2	29,3	30,4	31,6	32,8	33,9	35	36,2	37,3	38,4	39,5	40,7
40	32,9	34,1	35,4	36,7	37,9	39,0	40	41,1	42,2	43,4	44,5	45,6
45	38,1	39,3	40,4	41,6	42,7	43,9	45	46,1	47,2	48,3	49,4	50,5
50	43,4	44,5	45,6	46,7	47,8	48,9	50	51,1	52,2	53,3	54,4	55,5
55	48,5	49,6	50,7	51,8	52,9	54,0	55	56,0	57,1	58,2	59,3	60,4
60	53,6	54,6	55,7	56,8	67,8	58,9	60	61,0	62,1	63,2	64,3	65,3
65	58,6	59,7	60,7	61,8	62,8	63,9	65	66,0	67,1	68,1	69,2	70,2
70	63,7	64,8	65,8	66,9	67,9	69,0	70	71,0	72,1	73,1	74,2	75,2
75	68,8	69,8	70,9	71,9	72,9	74,0	75	76,0	77,0	78,1	79,1	80,1
80	73,9	74,9	75,9	76,9	78,0	79,0	80	81,0	82,0	83,0	84,0	85,0
85	79,0	80,0	81,0	82,0	83,0	84,0	85	86,0	87,0	88,0	88,9	90,9
90	84,2	85,2	86,2	87,2	88,1	89,1	90	90,9	91,9	92,8	93,7	94,5

Die eben gegebenen Tafeln bieten auch ein Mittel dar, vermittelst des specifischen Gewichts den Alkoholgehalt bei jeder Temperatur zu finden.

Mit dem beobachteten specifischen Gewichte bei irgend einer Temperatur sucht man aus der allerersten Tafel den Alkoholgehalt, als ob die Flüssigkeit die Temperatur von 60° gehabt hätte. Mit diesem dort gefundenen Gehalte tritt man in die Spalte der beobachteten wirklichen Temperatur in diesen letzten Tafeln (in der für Glas oder Messing, je nachdem die Wage von der einen oder andern Materie ist) und sucht den wahren Alkoholgehalt, welcher dem aus der ersten Tafel gefundenen scheinbaren entspricht.

Sowie diese Tafeln VI., VII. ähnlich der IV. den Alkoholgehalt geben, wenn das Volumen der Branntweine bei derselben Temperatur gemessen ist, als bei welcher die Aräometer-Angabe genommen wird, so giebt hingegen folgende Tafel den Gehalt für verschiedene Temperaturen unter der Voraussetzung, das Volumen des Branntweins sei für 60° F. Wärme gegeben, ähnlich der III. Tafel.

VIII. Tafel.

Angabe eines gläsernen Alkoholometers bei den Temperaturen

30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85° F.
—0,2	—0,4	—0,4	—0,5	—0,4	—0,2	0	0,2	0,6	1,0	1,4	1,9
4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,8	5	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3
9,1	9,0	9,1	9,2	9,3	9,7	10	10,4	11,0	11,6	12,3	13,0
13,0	13,1	13,3	13,5	13,9	14,5	15	15,6	16,3	17,1	18,0	19,0
16,5	16,9	17,4	17,8	18,5	19,2	20	20,8	21,8	22,8	23,8	24,9
19,9	20,6	21,4	22,2	23,0	24,1	25	25,9	27,0	28,2	29,4	30,5
23,5	24,5	25,7	26,6	27,7	28,8	30	31,1	32,2	33,4	34,5	35,7
28,0	29,2	30,4	31,6	32,7	33,8	35	36,2	37,3	38,4	39,5	40,6
33,0	34,2	35,4	36,7	37,8	39,0	40	41,1	42,2	43,3	44,3	45,4
38,4	39,6	40,7	41,8	42,9	43,9	45	46,1	47,1	48,2	49,2	50,3
43,7	44,7	45,8	46,9	47,9	49,0	50	51,0	52,0	53,0	54,0	55,1
49,0	50,7	51,0	52,0	53,0	54,0	55	54,9	56,9	57,9	58,9	59,9
54,2	55,2	56,2	57,1	58,1	59,0	60	60,9	61,9	62,9	63,8	64,9
59,4	60,3	61,2	62,2	63,1	64,0	65	65,9	66,8	67,7	68,6	69,6
64,6	65,5	66,4	67,3	68,2	69,1	70	70,8	71,7	72,6	73,5	74,5
69,8	70,7	71,5	72,4	73,3	74,2	75	75,8	76,7	77,6	78,4	79,3
75,0	75,8	76,6	77,5	78,4	79,2	80	80,8	81,7	82,4	83,2	84,1
80,3	81,1	81,8	82,6	83,5	84,3	85	85,7	86,5	87,3	88,0	88,8
85,6	86,4	87,1	87,9	88,6	89,3	90	90,7	91,4	92,0	92,7	93,4

Diese Tafel bedarf weiter keiner Erläuterung; alle Zahlen derselben Reihe sind Angaben des Alkoholometers für einerlei Gehalt, nämlich für denjenigen, der bei 60° F. statthat. Jene Angaben unter den von 60° abweichenden Temperaturen sind also nicht reelle, sondern scheinbare, und der wirkliche Gehalt, dem sie entsprechen, muß in derselben Zeile und in der Spalte 60° genommen werden.

Wenn ein Branntwein, dessen wirklicher Gehalt bei 60° F. 40 ist, bis auf 85° erwärmt wird, so sinkt das Aräometer in ihm bis auf 45⁴/₁₀ Gehalts-Anzeige ein. Dieses giebt die Tafel an und zeigt daher auch an, daß bei diesem Gehalte und dieser Temperatur die Anzeige des Alkoholometers um 45⁴/₁₀ weniger 40, d. i.,

um $5^{4}/_{10}$ verringert werden müsse, um den wirklichen Gehalt zu haben, welchen auch dasselbe Aräometer angegeben hätte, hätte man zuerst dem Branntweine die Temperatur von 60° F. gegeben.

Poggendorff *) bemerkt: Tralles' Tafeln sind zum praktischen Gebrauch weder bequem noch ausführlich genug, und daher kommt es, daß man sich selbst in Berlin einer unglaublich rohen und offenbar unrichtigen Methode zur Correction des Einflusses der Temperatur bedient. Die Berliner Alkoholometer sind nämlich mit zwei Scalen versehen, einer Tralles'schen und einer Richter'schen (s. d. Folg.) Wenn nun das Thermometer nicht gerade 12°,5 R. anzeigt, für welche Temperatur das Alkoholometer construirt ist, so geht man von dem Punkte, welchen die Tralles'schen Scale unmittelbar für einen Weingeist angiebt, zu dem gegenüberliegenden der Richter'schen Scale über, zählt auf dieser Scale so viele Grade auf- oder abwärts, als das Thermometer unter oder über 12°,5 R. steht, und geht dann wieder zu dem gegenüberliegenden Punkte der Tralles'schen Scale zurück. Poggendorff meint, man sollte den Tralles'schen Tafeln VI., VII. und VIII. die Form und Ausdehnung geben, welche die sogleich zu erwähnenden von Gay-Lussac haben **).

Die sehr ausführliche Bearbeitung des so wichtigen Gegenstandes von Gay-Lussac ***) bezieht sich auf sein in Frankreich statt des früher üblichen Cartier'schen Instrumentes eingeführtes Centesimal-Alkoholometer. Dasselbe hat die Form eines gewöhnlichen Aräometers und giebt, wie das von Tralles angegebene Instrument, den Gehalt an Alkohol in Volumenprocenten, aber die Scale ist für eine Normaltemperatur von 15° C. (= 59° F.) entworfen. Die Bestimmungen, von welchen Gay-Lussac ausging, sind nach Berzelius folgende.

Alkoholgehalt nach Gay-Lussac's Alkoholometer. Volumenproc.	Specifisches Gewicht des Weingeistes bei 15° C.	Alkoholgehalt nach Gay-Lussac's Alkoholometer. Volumenproc.	Specifisches Gewicht des Weingeistes bei 15° C.
100	0,7947	60	0,9141
95	0,8168	55	0,9248
90	0,8346	50	0,9348
85	0,8502	45	0,9440
80	0,8645	40	0,9523
75	0,8799	35	0,9595
70	0,8907	10	0,9656
65	0,9027	0	1,0000

*) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 478.

**) Diesem Wunsche dürfte wenigstens theilweise entsprochen sein durch das Werkchen: Tabellen zur Berechnung der in dem Gewichte von Spiritus enthaltenen Anzahl Quartiere und Volumenprocente absoluten Alkohol. Berechnet für die Alkoholgrade von 75 Proc. bis incl. 92 Proc. nach dem Alkoholometer von Tralles, und zwar auf Grundlage des preuß. oder Cöln. Handelsgewichtes für preuß., hannov. und braunschw. Quartiere. 2. Aufl. Braunschweig, 1848.

***) Instruction pour l'usage de l'Alcoholomètre centésimal et des Tables qui l'accompagnent. Paris, 1824.

Eine wenig davon abweichende Tafel hat Marozeau durch Versuche mit einem Gay-Lussac'schen Alkoholometer entworfen.

Volumenprocente Alkohol nach Gay-Lussac	Dichtigkeit	Volumenprocente Alkohol nach Gay-Lussac	Dichtigkeit	Volumenprocente Alkohol nach Gay-Lussac	Dichtigkeit
0	1,000	34	0,962	68	0,896
1	0,999	35	0,960	69	0,893
2	0,997	36	0,959	70	0,891
3	0,996	37	0,957	71	0,888
4	0,994	38	0,956	72	0,886
5	0,993	39	0,954	73	0,884
6	0,992	40	0,953	74	0,881
7	0,990	41	0,951	75	0,879
8	0,989	42	0,949	76	0,876
9	0,988	43	0,948	77	0,874
10	0,987	44	0,946	78	0,871
11	0,986	45	0,945	79	0,868
12	0,984	46	0,943	80	0,865
13	0,983	47	0,941	81	0,863
14	0,982	48	0,940	82	0,860
15	0,981	49	0,938	83	0,857
16	0,980	50	0,936	84	0,854
17	0,979	51	0,934	85	0,851
18	0,978	52	0,932	86	0,848
19	0,977	53	0,930	87	0,845
20	0,976	54	0,928	88	0,842
21	0,975	55	0,926	89	0,838
22	0,974	56	0,924	90	0,835
23	0,973	57	0,922	91	0,832
24	0,972	58	0,920	92	0,829
25	0,971	59	0,918	93	0,826
26	0,970	60	0,915	94	0,822
27	0,969	61	0,913	95	0,818
28	0,968	62	0,911	96	0,814
29	0,967	63	0,909	97	0,810
30	0,966	64	0,906	98	0,805
31	0,965	65	0,904	99	0,800
32	0,964	66	0,902	100	0,795
33	0,963	67	0,899		

Bei diesen Tafeln ist, wie man sieht, das specifische Gewicht des Wassers bei 15° C. zur Einheit genommen, während dies bei Tralles = 0,991 gesetzt ist. Allein selbst wenn man dies berücksichtigt, bieten sie noch kleine Unterschiede von den Tralles'schen dar, so daß zu glauben steht, Gay-Lussac habe sich bei der Construction seines Instrumentes nicht der Gilpin'schen Versuche bedient, sondern eigene zu diesem Behufe unternommen *).

Die erste der von Gay-Lussac mitgetheilten Tafeln führt den Titel: Table de la force réelle des liquides spiritueux. Sie entspricht der Tafel VI.

*) Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 235.

bei Tralles, und giebt, wenn man das Instrument bei irgend einer Temperatur zwischen 0° und 30° in die weingeistige Flüssigkeit eingetaucht hat, aus den beobachteten Graden die Grade oder Volumenprocente, welche das Instrument bei der Normaltemperatur 15° C. anzeigen würde.

Giebt das Alkoholometer z. B. in einem Weingeist von 25° C. Temperatur 59 Volumenprocente an, so sucht man die Zahl 59 in der obersten Querspalte auf und geht in der von ihr bezeichneten Längenspalte herunter, bis man der Temperatur 25° gegenüber ist. Daselbst findet man die Zahl 55,5. Dies will sagen: in hundert Maß des Weingeistes würden 55,5 Maß absoluten Alkohols (von 15° C. Temperatur) enthalten sein, wenn ersterer die Temperatur 15° C. besäße. Allein der Weingeist besaß die Temperatur 25°, und man kann demnach fragen, wie viel 1000 Maß von ihm bei dieser Temperatur an absolutem Alkohol von 15° C. enthalten. Zur Beantwortung dieser Frage dient die Zahl 992, welche man unter der Zahl 55,5 angegeben findet. Mit ihr multiplicirt man die Zahl 55,5, nachdem man sie durch 100 dividirt hat; das Product ist die Zahl der Maße absoluten Alkohols von 15° C., die bei 25° C. in 1000 Maß des geprüften Weingeistes enthalten sind. Für das angeführte Beispiel hat man so

$$992 \times 0{,}555 = 550{,}56;$$

1000 Maß des geprüften Weingeistes von 25° C. enthalten demnach 550,56 Maß absoluten Alkohols von 15° C.

Alkoholgehalt, den ein Weingeist bei 15° C. besitzen würde, aus den Anzeigen eines bei anderen Temperaturen in ihn eingetauchten Centesimal-Alkoholometers zu finden.

Temperatur	1 C.	2 C.	3 C.	4 C.	5 C.	6 C.	7 C.	8 C.	9 C.	10 C.
0°	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,5	7,5	8,6	9,7	10,9
	1000	1000	1000	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001
1										
2										
3										
4										
5	1,4	2,5	3,5	4,5	5,5	6,6	7,7	8,7	9,8	10,9
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
6										
7										
8										
9										
10	1,4	2,4	3,4	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,6
	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
11	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,5
	1000	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
12	1,2	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,4
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
13	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
14	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Temperatur	1 C.	2 C.	3 C.	4 C.	5 C.	6 C.	7 C.	8 C.	9 C.	10 C.
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	0,9	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
17	0,8	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
18	0,7	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	7,7	8,7	9,7
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
19	0,6	1,6	2,6	3,6	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
20	0,5	1,5	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,3	9,3
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
21	0,4	1,4	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
22	0,3	1,3	2,2	3,2	4,1	5,1	6,1	7	7,9	8,9
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
23	0,1	1,1	2,1	3,1	4	4,9	5,9	6,8	7,8	8,7
	999	999	999	999	999	999	999	998	998	998
24		0,9	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,6	8,5
		998	998	998	998	998	998	998	998	998
25		0,8	1,7	2,7	3,6	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3
		998	998	998	998	998	998	998	998	998
26		0,7	1,6	2,6	3,5	4,4	5,4	6,3	7,2	8,1
		998	998	998	998	998	998	998	998	998
27		0,5	1,5	2,4	3,3	4,3	5,2	6,1	7	7,9
		998	998	998	998	998	998	998	998	998
28		0,3	1,3	2,2	3,1	4,1	5	5,9	6,8	7,7
		997	997	997	997	997	997	997	997	997
29		0,1	1,1	2	2,9	3,9	4,8	5,7	6,6	7,5
		997	997	997	997	997	997	997	997	997
30		0,0	0,9	1,9	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3
		997	997	997	997	997	997	997	997	997

Temperatur	11 C.	12 C.	13 C.	14 C.	15 C.	16 C.	17 C.	18 C.	19 C.	20 C.
0°	12,2	13,4	14,7	16,1	17,5	18,9	20,3	21,6	22,9	24,2
	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004	1004
1		13,4	14,7	16	17,3	18,7	20	21,3	22,6	23,9
		1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004	1004
2		13,4	14,7	16	17,2	18,5	19,8	21,1	22,3	23,6
		1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004	1004
3		13,3	14,6	15,9	17,1	18,3	19,6	20,8	22	23,3
		1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1004
4		13,3	14,5	15,8	16,9	18,1	19,4	20,6	21,8	23
		1001	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
5	12,1	13,2	14,4	15,7	16,8	18	19,2	20,4	21,5	22,7
	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
6		13,1	14,3	15,6	16,7	17,8	19	20,2	21,3	22,4
		1001	1001	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003
7		13	14,2	15,4	16,6	17,7	18,8	20	21	22,1
		1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002
8		13	14,1	15,3	16,4	17,5	18,6	19,7	20,7	21,8
		1001	1001	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002
9		12,9	14	15,1	16,2	17,3	18,4	19,5	20,5	21,6
		1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1002	1002
10	11,7	12,7	13,8	14,9	16	17	18,1	19,2	20,2	21,3
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
11	11,6	12,6	13,6	14,7	15,8	16,8	17,9	19	20	21
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
12	11,5	12,5	13,5	14,6	15,6	16,6	17,6	18,7	19,7	20,7
	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
13	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,5	19,5	20,5
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
14	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
15	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,8	18,7	19,7
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
17	10,8	11,7	12,7	13,7	14,7	15,6	16,6	17,5	18,4	19,4
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	999	999
18	10,7	11,6	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,3	18,2	19,1
	1000	1000	999	999	999	999	999	999	999	999
19	10,5	11,4	12,4	13,3	14,3	15,2	16,1	17	17,9	18,8
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
20	10,3	11,2	12,2	13,1	14	14,9	15,8	16,7	17,6	18,5
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
21	10,1	11	11,9	12,8	13,7	14,6	15,5	16,4	17,3	18,2
	999	999	999	999	999	999	998	998	998	998
22	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17	17,9
	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998
23	9,7	10,6	11,5	12,4	13,3	14,1	15	15,9	16,7	17,6
	998	998	988	998	998	998	998	998	998	998
24	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	13,9	14,8	15,7	16,5	17,4
	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997
25	9,3	10,2	11,1	12	12,8	13,6	14,5	15,4	16,2	17,1
	998	998	998	998	998	998	997	997	997	997
25	9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,4	14,2	15,1	15,9	16,8
	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997
27	8,8	9,7	10,6	11,5	12,3	13,1	14	14,8	15,6	16,5
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
28	8,6	9,5	10,3	11,2	12	12,8	13,7	14,5	15,3	16,1
	997	997	997	997	997	996	996	996	996	996
29	8,4	9,2	10,1	11	11,8	12,6	13,4	14,2	15	15,8
	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996
30	8,1	9	9,8	10,7	11,5	12,3	13,1	13,9	14,7	15,5
	997	996	996	996	996	996	996	996	996	996

Temperatur	21 C.	22 C.	23 C.	24 C.	25 C.	26 C.	27 C.	28 C.	29 C.	30 C.
0°	25,6	27	28,4	29,7	30,9	32,1	33,2	34,3	35,3	36,3
	1005	1005	1006	1006	1007	1007	1007	1008	1008	1008
1	25,3	26,7	28	29,2	30,4	31,6	32,7	33,8	34,8	35,8
	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1008
2	24,9	26,3	27,5	28,8	30	31,2	32,3	33,3	34,4	35,4
	1004	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1007	1007
3	24,6	25,9	27,1	28,4	29,6	30,8	31,9	32,9	33,9	34,9
	1004	1005	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1007	1007
4	24,3	25,6	26,8	28	29,2	30,4	31,4	32,5	33,5	34,5
	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1006	1006
5	24	25,2	26,4	27,6	28,8	30	31	32,1	33,1	34,1
	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005
6	23,6	24,9	26	27,2	28,4	29,6	30,6	31,6	32,6	33,6
	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005
7	23,3	24,6	25,7	26,9	28	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2
	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1004	1004	1004	1004
8	23	24,2	25,3	26,5	27,6	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8
	1002	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
9	22,7	23,9	25	26,1	27,2	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4
	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1003	1003
19	22,4	23,5	24,6	25,7	26,8	27,9	29	30	31	32
	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
11	22,1	23,2	24,3	25,4	26,5	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6
	1001	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002
12	21,8	22,9	24	25,1	26,1	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
13	21,5	22,6	23,6	24,7	25,7	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
14	21,2	22,3	23,3	24,3	25,3	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Temperatur	21 C.	22 C.	23 C.	24 C.	25 C.	26 C.	27 C.	28 C.	29 C.	30 C.
15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,7	26,6	27,6	28,6	29,6
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
17	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,2	29,2
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
18	20,1	21,1	22	23	24	25	25,9	26,9	27,8	28,8
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
19	19,8	20,8	21,7	22,7	23,6	24,6	25,5	26,5	27,4	28,4
	999	999	999	999	998	998	998	998	998	998
20	19,5	20,5	21,4	22,4	23,3	24,3	25,2	26,1	27,1	28
	999	998	998	998	998	998	998	998	998	998
21	19,1	20,1	21,1	22,1	23	23,9	24,8	25,7	26,7	27,6
	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997
22	18,8	19,8	20,7	21,7	22,6	23,6	24,4	25,3	26,3	27,2
	998	998	998	997	997	997	997	997	997	997
23	18,5	19,5	20,4	21,4	22,3	23,2	24,1	25	25,9	26,8
	998	997	997	997	997	997	997	997	997	997
24	18,3	19,2	20,1	21,1	21,9	22,8	23,7	24,6	25,5	26,4
	997	997	997	997	997	997	997	996	996	996
25	18	18,9	19,8	20,7	21,6	22,5	23,3	24,3	25,2	26,1
	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996
26	17,7	18,6	19,5	20,4	21,3	22,2	23	23,9	24,8	25,7
	997	996	996	996	996	996	996	996	995	995
27	17,4	18,3	19,2	20,1	20,9	21,8	22,7	23,6	24,4	25,3
	996	996	996	996	996	996	996	996	995	995
28	17	18	18,9	19,7	20,6	21,5	22,3	23,2	24	24,9
	996	996	996	995	995	995	995	995	995	994
29	16,7	17,6	18,5	19,4	20,3	21,1	21,9	22,8	23,7	24,5
	996	996	995	995	995	995	995	994	994	994
30	16,4	17,3	18,2	19,1	19,9	20,8	21,6	22,5	23,3	24,2
	995	995	995	995	995	994	994	994	994	994

Temperatur	31 C.	32 C.	33 C.	34 C.	35 C.	36 C.	37 C.	38 C.	39 C.	40 C.
0°	37,3	38,3	39,2	40,2	41,1	42,1	43,1	44	45	45,9
	1009	1009	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1011
1	36,8	37,8	38,8	39,8	40,8	41,8	42,7	43,7	44,6	45,5
	1008	1008	1008	1008	1009	1009	1009	1009	1010	1010
2	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	42,3	43,3	44,2	45,1
	1007	1007	1008	1008	1008	1008	1008	1009	1009	1009
3	36	37	38	39	40	41	42	42,9	43,9	44,8
	1007	1007	1007	1007	1007	1008	1008	1008	1008	1008
4	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5	40,5	41,5	42,5	43,5	44,4
	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008
5	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,1	42,1	43,1	44
	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007
6	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7	41,6	42,6	43,6
	1005	1005	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1006
7	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2	42,2	43,2
	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,8	41,8	42,8
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1005
9	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	42,4
	1003	1003	1003	1003	1004	1004	1004	1004	1004	1004
10	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	1002	1002	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
11	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6	38,6	39,6	40,6	41,6
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003
12	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2
	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
13	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,8
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001
14	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4
	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001

Temperatur	31 C.	32 C.	33 C.	34 C.	35 C.	36 C.	37 C.	38 C.	39 C.	40 C.
15	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	30,6	31,6	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5
	1000	1000	999	999	999	999	999	999	999	999
17	30,2	31,2	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
18	29,8	30,8	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7
	999	999	998	998	998	998	998	998	998	998
19	29,4	30,4	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3
	998	998	998	998	998	998	998	998	997	997
20	29	30	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9	35,9	36,9	37,9
	998	998	997	997	997	997	997	997	997	997
21	28,6	29,6	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5
	997	997	997	997	997	997	997	996	996	996
22	28,2	29,2	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1
	997	997	996	996	996	996	996	996	996	996
23	27,8	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7
	996	996	996	996	996	996	996	995	995	995
24	27,4	28,4	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3
	996	996	995	995	995	995	995	995	995	994
25	27	28	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9	35,9
	995	995	995	995	995	994	994	994	994	994
26	26,6	27,6	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5
	995	995	995	994	994	994	994	994	993	993
27	26,2	27,2	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1
	995	994	994	994	994	993	993	993	993	993
28	25,8	26,8	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7
	994	994	994	993	993	993	993	993	992	992
29	25,4	26,4	27,3	28,3	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3
	994	993	993	993	993	992	992	992	992	992
30	25,1	26	26,9	27,9	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9
	993	993	993	993	992	992	992	991	991	991

Temperatur	41 C.	42 C.	43 C.	44 C.	45 C.	46 C.	47 C.	48 C.	49 C.	50 C.
0°	46,9	47,9	48,8	49,8	50,7	51,7	52,6	53,5	54,5	55,4
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1012	1012	1012	1012
1	46,5	47,5	48,4	49,4	50,3	51,3	52,2	53,2	54,2	55,1
	1010	1010	1010	1010	1010	1011	1011	1011	1011	1011
2	46,1	47,1	48,1	49	49,9	50,9	51,8	52,8	53,8	54,7
	1009	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1010	1010
3	45,8	46,7	47,7	48,6	49,6	50,5	51,5	52,4	53,4	54,3
	1008	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
4	45,4	46,4	47,4	48,3	49,2	50,2	51,1	52,1	53	54
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1009
5	45	45,9	46,9	47,9	48,8	49,8	50,7	51,7	52,7	53,6
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008	1008	1008
6	44,6	45,5	46,5	47,5	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,3
	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007
7	44,2	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,1	51	52	52,9
	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
8	43,8	44,8	45,8	46,8	47,7	48,7	49,7	50,6	51,6	52,6
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
9	43,4	44,4	45,4	46,4	47,3	48,3	49,3	50,2	51,2	52,2
	1004	1005	1004	1004	1004	1004	1005	1005	1005	1005
10	43	44	45	46	46,9	47,9	48,9	49,9	50,9	51,8
	1003	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
11	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,5	50,5	51,5
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
12	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,1
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
13	41,8	42,8	43,8	44,8	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8
	1001	1001	1001	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
14	41,4	42,4	43,4	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001

Temperatur	41 C.	42 C.	43 C.	44 C.	45 C.	46 C.	47 C.	48 C.	49 C.	50 C.
15	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	40,2	41,2	42,2	43,2	44,2	45,2	46,2	47,2	48,3	49,3
	999	999	999	998	998	998	998	998	998	998
18	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,9	45,9	46,9	47,9	48,9
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
19	39,4	40,4	41,4	42,5	43,5	44,5	45,5	46,5	47,5	48,5
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
20	39	40	41	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,2	48,2
	997	997	997	997	996	996	996	996	996	996
21	38,6	39,6	40,6	41,7	42,7	43,7	44,8	45,8	46,8	47,8
	996	996	996	996	996	996	996	996	995	995
22	38,2	39,2	40,2	41,3	42,3	43,3	44,3	45,3	46,4	47,4
	996	995	995	995	995	995	995	995	995	995
23	37,8	38,8	39,8	40,9	41,9	42,9	43,9	44,9	46	47
	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994
24	37,4	38,4	39,4	40,5	41,5	42,5	43,6	44,6	45,6	46,6
	994	994	994	994	994	994	994	994	993	993
25	37	38	39	40,1	41,1	42,2	43,2	44,2	45,2	46,3
	994	994	993	993	993	993	993	993	993	993
26	36,5	37,6	38,6	39,7	40,7	41,8	42,8	43,8	44,9	45,9
	993	993	993	993	992	992	992	992	992	992
27	36,1	37,2	38,2	39,3	40,3	41,4	42,4	43,4	44,5	45,5
	992	992	992	992	992	992	992	991	991	991
28	35,7	36,8	37,8	38,9	39,9	41	42	43	44,1	45,1
	992	992	992	991	991	991	991	991	991	990
29	35,3	36,3	37,4	38,5	39,5	40,6	41,6	42,6	43,7	44,7
	991	991	991	991	991	990	990	990	990	990
30	34,9	35,9	37	38,1	39,1	40,2	41,2	42,3	43,3	44,3
	991	991	990	990	990	990	990	989	989	989

Temperatur	51 C.	52 C.	53 C.	54 C.	55 C.	56 C.	57 C.	58 C.	59 C.	60 C.
0°	56,4	57,3	58,3	59,2	60,2	61,2	62,1	63,1	64,1	65
	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1013	1013	1013
1	56	57	57,9	58,9	59,9	60,9	61,8	62,8	63,8	64,7
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1012	1012	1012
2	55,7	56,6	57,6	58,5	59,5	60,5	61,5	62,4	63,4	64,4
	1010	1010	1010	1010	1010	1011	1011	1011	1011	1011
3	55,3	56,3	57,2	58,2	59,2	60,2	61,1	62,1	63,1	64,1
	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
4	55	56	56,9	57,9	58,9	59,8	60,8	61,7	62,7	63,7
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
5	54,6	55,6	56,6	57,5	58,5	59,5	60,4	61,4	62,4	63,4
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
6	54,3	55,2	56,2	57,1	58,1	59,1	60,1	61	62	63
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008	1008	1008
7	53,9	54,9	55,9	56,8	57,8	58,8	59,8	60,7	61,7	62,7
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007
8	53,6	54,6	55,5	56,5	57,5	58,5	59,5	60,4	61,4	62,4
	1005	1005	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
9	53,2	54,2	55,1	56,1	57,1	58,1	59,1	60	61	62
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
10	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,7	60,7	61,7
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
11	52,5	53,5	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4	61,4
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
12	52,1	53,1	54,1	55	56	57	58	59	60	61
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
13	51,8	52,7	53,7	54,7	55,7	56,7	57,7	58,7	59,7	60,7
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
14	51,4	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,3	58,3	59,3	60,3
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001

Temperatur	51 C.	52 C.	53 C.	54 C.	55 C.	56 C.	57 C.	58 C.	59 C.	60 C.
15	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	50,3	51,3	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,3	58,3	59,3
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
18	49,9	50,9	51,9	52,9	53,9	54,9	55,9	56,9	57,9	58,9
	998	998	998	998	998	998	998	997	997	997
19	49,5	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
20	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2
	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
21	48,8	49,8	50,8	51,8	52,9	53,9	54,9	55,9	56,9	57,9
	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
22	48,4	49,4	50,4	51,4	52,5	53,5	54,5	55,5	56,5	57,5
	995	995	995	994	994	994	994	994	994	994
23	48	49,1	50,1	51,1	52,1	53,1	54,1	55,1	56,1	57,1
	994	994	994	994	994	994	993	993	993	993
24	47,6	48,7	49,7	50,7	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8
	993	993	993	993	993	993	993	993	993	992
25	47,3	48,3	49,3	50,3	51,4	52,4	53,4	54,4	55,5	56,5
	993	993	993	992	992	992	992	992	992	992
26	46,9	47,9	49	50	51	52	53	54	55,1	56,1
	992	992	992	991	991	991	991	991	991	991
27	46,5	47,6	48,6	49,6	50,7	51,7	52,7	53,7	54,8	55,8
	991	991	991	991	990	990	990	990	990	990
28	46,1	47,2	48,2	49,2	50,3	51,3	52,3	53,3	54,4	55,4
	990	990	990	990	990	990	990	989	989	989
29	45,7	46,8	47,8	48,9	49,9	51	52	53	54	55
	990	989	989	989	989	989	989	989	989	988
30	45,4	46,4	47,5	48,5	49,6	50,6	51,6	52,6	53,6	54,7
	989	989	989	988	988	988	988	988	988	988

Temperatur	61 C.	62 C.	63 C.	64 C.	65 C.	66 C.	67 C.	68 C.	69 C.	70 C.	Temperatur	61 C.	62 C.	63 C.	64 C.	65 C.	66 C.	67 C.	68 C.	69 C.	70 C.
0°	66	67	68	68,9	69,9	70,8	71,8	72,7	73,7	74,7	15	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1014	1014		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	65,7	66,7	67,7	68,6	69,6	70,5	71,5	72,4	73,4	74,3	16	60,6	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,6	68,7	69,7
	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1013	1013		999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,1	73,1	74	17	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1012	1012	1012		998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
3	65	66	67	68	68,9	69,9	70,8	71,8	72,8	73,7	18	59,9	61	62	63	64	65	66	67	68	69
	1010	1010	1010	1010	1010	1011	1011	1011	1011	1011		997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
4	64,7	65,7	66,6	67,6	68,6	69,5	70,5	71,5	72,5	73,4	19	59,6	60,6	61,6	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7
	1009	1009	1009	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010		997	997	997	997	997	997	997	997	996	996
5	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,2	70,2	71,2	72,2	73,1	20	59,2	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4	68,4
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009		996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
6	64	65	66	67	68	68,9	69,9	70,9	71,9	72,8	21	58,9	59,9	61	62	63	64	65	66	67	68,1
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008		995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,6	68,6	69,6	70,6	71,5	72,5	22	58,5	59,5	60,6	61,6	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,8
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007		994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
8	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,2	23	58,1	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,3	65,4	66,4	67,4
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006		993	993	993	993	993	993	993	993	993	993
9	63	64	65	66	67	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	24	57,8	58,9	59,9	61	62	63	64	65	66	67,1
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005		992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
10	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	25	57,5	58,5	59,5	60,6	61,6	62,6	63,7	64,7	65,7	66,7
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004		992	992	992	991	991	991	991	991	991	991
11	62,4	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	26	57,1	58,1	59,2	60,2	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1004	1004	1004		991	991	991	991	990	990	990	990	990	990
12	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	27	56,8	57,8	58,9	59,9	60,9	61,9	63	64	65	66
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1003	1003	1003	1003		990	990	990	990	990	990	989	989	989	989
13	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,6	70,6	28	56,4	57,5	58,5	59,5	60,6	61,6	62,6	63,7	64,7	65,7
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002		989	989	989	989	989	989	989	989	989	988
14	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,3	29	56	57,1	58,1	59,2	60,2	61,2	62,3	63,3	64,3	65,4
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001		988	988	988	988	988	988	988	988	988	988
											30	55,7	56,7	57,8	58,8	59,9	60,9	61,9	63	64	65
												988	987	987	987	987	987	987	987	987	987

Temperatur	71 C.	72 C.	73 C.	74 C.	75 C.	76 C.	77 C.	78 C.	79 C.	80 C.	Temperatur	71 C.	72 C.	73 C.	74 C.	75 C.	76 C.	77 C.	78 C.	79 C.	80 C.
0°	75,6	76,6	77,6	78,6	79,5	80,5	81,5	82,4	83,3	84,3	15	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1	75,3	76,3	77,3	78,3	79,2	80,2	81,2	82,1	83,1	84	16	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,7	78,7	79,7
	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1013		999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
2	75	76	77	78	78,9	79,9	80,9	81,9	82,8	83,7	17	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4
	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012		998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
3	74,7	75,7	76,7	77,7	78,6	79,6	80,6	81,6	82,5	83,5	18	70	71	72	73	74	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011		997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
4	74,4	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,2	83,2	19	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8	77,8	78,8
	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010		996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
5	74,1	75	76	77	78	79	80	81	81,9	82,9	20	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,5	76,5	77,5	78,5
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1010	1010		996	996	995	995	995	995	995	995	995	995
6	73,8	74,7	75,7	76,7	77,7	78,7	79,7	80,7	81,6	82,6	21	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,2	76,2	77,2	78,2
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1009		995	995	995	994	994	994	994	994	994	994
7	73,5	74,4	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4	80,4	81,4	82,3	22	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9	76,9	77,9
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1008		994	994	994	994	993	993	993	993	993	993
8	73,2	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1	82	23	68,4	69,4	70,5	71,5	72,5	73,5	74,5	75,5	76,6	77,6
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1007	1007	1007	1007		993	993	993	993	992	992	992	992	992	992
9	72,9	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8	80,8	81,7	24	68,1	69,1	70,1	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,3	77,3
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1006	1006	1006	1006		992	992	992	992	992	992	992	991	991	991
10	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5	25	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,9	76	77
	1004	1004	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005		991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
11	72,3	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2	26	67,4	68,4	69,5	70,5	71,5	72,5	73,6	74,6	75,6	76,6
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004		990	990	990	990	990	990	990	990	990	990
12	72	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	27	67,1	68,1	69,2	70,2	71,2	72,2	73,3	74,3	75,3	76,3
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003		989	989	989	989	989	989	989	989	989	989
13	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	28	66,8	67,8	68,8	69,9	70,9	71,9	73	74	75	76
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002		988	988	988	988	988	988	988	988	988	988
14	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3	80,3	29	66,4	67,4	68,5	69,5	70,6	71,6	72,6	73,7	74,7	75,7
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001		988	987	987	987	987	987	987	987	987	987
											30	66,1	67,1	68,2	69,2	70,3	71,3	72,3	73,3	74,4	75,4
												987	987	986	986	986	986	986	986	986	986

Temperatur	81 C.	82 C.	83 C.	84 C.	85 C.	86 C.	87 C.	88 C.	89 C.	90 C.
0°	85,2	86,2	87,1	88	88,9	89,9	90,8	91,7	92,6	93,6
	1014	1014	1014	1014	1014	1015	1015	1015	1015	1015
1	85	85,9	86,8	87,8	88,7	89,6	90,5	91,5	92,4	93,3
	1013	1013	1013	1013	1013	1014	1014	1014	1014	1014
2	84,7	85,6	86,6	87,5	88,5	89,4	90,3	91,2	92,2	93,1
	1012	1012	1012	1012	1012	1013	1013	1013	1013	1013
3	84,4	85,4	86,3	87,3	88,2	89,2	90,1	91	91,9	92,9
	1011	1011	1011	1011	1011	1012	1012	1012	1012	1012
4	84,2	85,1	86,1	87	87,9	88,9	89,8	90,8	91,7	92,7
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011
5	83,9	84,8	85,8	86,7	87,7	88,6	89,6	90,5	91,5	92,4
	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010
6	83,6	84,5	85,5	86,5	87,4	88,4	89,3	90,2	91,2	92,2
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009
7	83,3	84,2	85,2	86,2	87,2	88,1	89,1	90	91	91,9
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008
8	83	84	85	85,9	86,9	87,9	88,8	89,8	90,7	91,7
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007
9	82,7	83,7	84,7	85,7	86,6	87,6	88,6	89,5	90,5	91,5
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006
10	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,3	89,3	90,2	91,2
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
11	82,2	83,1	84,1	85,1	86,1	87,1	88	89	90	91
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
12	81,9	82,9	83,9	84,8	85,8	86,8	87,8	88,7	89,7	90,7
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003
13	81,6	82,6	83,6	84,6	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5	90,5
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002
14	81,3	82,3	83,3	84,3	85,3	86,3	87,3	88,2	89,2	90,2
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001

Temperatur	81 C.	82 C.	83 C.	84 C.	85 C.	86 C.	87 C.	88 C.	89 C.	90 C.
15	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	80,7	81,7	82,7	83,7	84,7	85,7	86,7	87,7	88,7	89,7
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	80,4	81,4	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,4	89,5
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
18	80,1	81,1	82,1	83,1	84,1	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
19	79,8	80,8	81,9	82,9	83,9	84,9	85,9	86,9	87,9	88,9
	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
20	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6
	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
21	79,2	80,2	81,3	82,3	83,3	84,3	85,3	86,4	87,4	88,4
	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
22	78,9	79,9	81	82	83	84	85	86,1	87,1	88,2
	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993
23	78,6	79,6	80,7	81,7	82,7	83,8	84,8	85,4	86,8	87,9
	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
24	78,3	79,3	80,4	81,4	82,4	83,5	84,5	85,5	86,5	87,6
	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
25	78	79	80,1	81,1	82,1	83,2	84,2	85,2	86,3	87,4
	991	991	990	990	990	990	990	990	990	990
26	77,7	78,7	79,8	80,8	81,8	82,9	83,9	84,9	86	87,1
	990	989	989	989	989	989	989	989	989	989
27	77,4	78,4	79,5	80,5	81,5	82,6	83,6	84,7	85,7	86,8
	989	988	988	988	988	988	988	988	988	988
28	77,1	78,1	79,2	80,2	81,2	82,3	83,3	84,4	85,4	86,5
	988	988	987	987	987	987	987	987	987	987
29	76,7	77,8	78,9	79,9	80,9	82	83	84,1	85,1	86,2
	987	987	987	986	986	986	986	986	986	986
30	76,4	77,5	78,6	79,6	80,6	81,7	82,7	83,8	84,9	86
	986	986	986	986	985	985	985	985	985	985

Temperatur	91 C.	92 C.	93 C.	94 C.	95 C.	96 C.	97 C.	98 C.	99 C.	100 C.
0°	94,5	95,3	96,2	97,1	98	98,8	99,7			
	1015	1015	1015	1015	1015	1015	1016			
1	94,3	95,1	96	96,9	97,8	98,6	99,5			
	1014	1014	1014	1014	1014	1014	1014			
2	94	94,9	95,8	96,7	97,6	98,5	99,3			
	1013	1013	1013	1013	1013	1013	1014			
3	93,8	94,7	95,6	96,5	97,4	98,3	99,2			
	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012	1012		
4	93,6	94,5	95,4	96,3	97,2	98,1	99	99,9		
	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011	1011		
5	93,4	94,3	95,2	96,1	97	97,9	98,8	99,7		
	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010		
6	93,1	94,1	95	95,9	96,8	97,8	98,7	99,6		
	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009	1009		
7	92,9	93,9	94,8	95,7	96,6	97,6	98,5	99,4		
	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008	1008		
8	92,7	93,6	94,6	95,5	96,4	97,4	98,3	99,2		
	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	1007	
9	92,5	93,4	94,4	95,3	96,2	97,2	98,1	99,1	100	
	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	1006	
10	92,2	93,2	94,2	95,1	96	97	98	98,9	99,9	
	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	
11	92	92,9	93,9	94,9	95,8	96,8	97,8	98,7	99,7	
	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	
12	91,7	92,7	93,7	94,7	95,6	96,6	97,6	98,5	99,5	
	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	1003	
13	91,5	92,5	93,5	94,4	95,4	96,4	97,4	98,4	99,3	
	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	1002	
14	91,2	92,2	93,2	94,2	95,2	96,2	97,2	98,2	99,2	
	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1001	

Temperatur	91 C.	92 C.	93 C.	94 C.	95 C.	96 C.	97 C.	98 C.	99 C.	100 C.
15	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	90,8	91,8	92,8	93,8	94,8	95,8	96,8	97,8	98,8	99,8
	999	999	999	999	999	999	999	999	999	999
17	90,5	91,5	92,6	93,6	94,6	95,6	96,6	97,6	98,7	99,7
	998	998	998	998	998	998	998	998	998	998
18	90,2	91,3	92,3	93,3	94,3	95,4	96,4	97,4	98,5	99,5
	997	997	997	997	997	997	997	997	997	997
19	90	91,1	92,1	93,1	94,1	95,2	96,2	97,3	98,3	99,3
	996	996	996	996	996	996	996	996	996	996
20	89,7	90,8	91,8	92,9	93,9	95	96	97,1	98,1	99,1
	995	995	995	995	995	995	995	995	995	995
21	89,5	90,5	91,6	92,6	93,7	94,7	95,8	96,9	97,9	99
	994	994	994	994	994	994	994	994	994	994
22	89,2	90,2	91,3	92,4	93,4	94,5	95,6	96,7	97,7	98,8
	993	993	993	993	993	993	993	993	993	993
23	89	90	91,1	92,1	93,2	94,3	95,4	96,5	97,5	98,6
	992	992	992	992	992	992	992	992	992	992
24	88,7	89,7	90,8	91,9	93	94,1	95,2	96,2	97,3	98,4
	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
25	88,4	89,5	90,6	91,6	92,7	93,8	94,9	96	97,1	98,2
	991	991	991	991	991	991	991	991	991	991
26	88,2	89,2	90,3	91,4	92,5	93,6	94,7	95,8	96,9	98,1
	989	989	989	989	989	989	989	989	989	989
27	87,9	89	90,1	91,1	92,2	93,4	94,5	95,6	96,7	97,9
	988	988	988	988	988	988	988	987	987	987
28	87,6	88,7	89,8	90,9	92	93,1	94,3	95,4	96,5	97,7
	987	987	987	987	987	987	987	986	986	986
29	87,3	88,4	89,5	90,6	91,7	92,9	94,1	95,2	96,3	97,5
	986	986	986	986	986	986	986	986	985	985
30	81,1	82,2	89,3	90,4	91,5	92,7	93,8	95	96,1	97,3
	985	985	985	985	985	985	985	985	984	984

Die zweite Tafel führt den Titel: Table de richesse en Alcool des liquides spiritueux. Sie entspricht der Tafel VII. bei Tralles, und giebt unmittelbar, nur nicht ganz so genau, das, was man mittelst der vorhergehenden erst durch eine Multiplication erreicht, nämlich den wahren Alkoholgehalt für die jedesmalige Temperatur des Weingeistes, vorausgesetzt dabei, wie bei Tralles, daß das specifische Gewicht und das Volumen des Weingeistes bei gleicher Temperatur bestimmt worden sei.

Giebt z. B., wie im letzten Beispiele, das Instrument bei 25° Temperatur 59 Volumenprocente an, so findet man, wenn man 59 in der obigen Querspalte aufsucht und dann bis zur Temperatur von 25° heruntergeht, die Zahl 55. In 100 Maß des geprüften Weingeistes von 25° Temperatur sind also 55 Maß absoluten Alkohols von 15° C. enthalten Durch die vorhergehende Tafel ward gefunden 55,056.

Temperatur	1 C.	2 C.	3 C.	4 C.	5 C.	6 C.	7 C.	8 C.	9 C.	10 C.	11 C.	12 C.	13 C.	14 C.	15 C.	16 C.	17 C.	18 C.	19 C.	20 C.
0°	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,5	7,5	8,6	9,7	10,9	12,2	13,4	14,7	16,1	17,5	19	20,4	21,7	23	24,3
1											„ „	13,4	14,7	16	17,3	18,7	20,1	21,4	22,7	24
2											„ „	13,4	14,7	16	17,2	18,6	19,9	21,2	22,4	23,7
3											„ „	13,3	14,6	15,9	17,1	18,3	19,7	20,9	22,1	23,4
4											„ „	13,3	14,5	15,8	16,9	18,1	19,4	20,7	21,9	23,1
5	1,4	2,5	3,5	4,5	5,5	6,6	7,7	8,7	9,8	10,9	12,1	13,2	14,4	15,7	16,8	18	19,2	20,5	21,6	22,8
6											„ „	13,1	14,3	15,6	16,7	17,8	19	20,3	21,4	22,5
7											„ „	13	14,2	15,4	16,6	17,7	18,8	20	21	22,1
8											„ „	13	14,1	15,3	16,4	17,5	18,6	19,7	20,7	21,8
9											„ „	12,9	14	15,1	16,2	17,3	18,4	19,5	20,5	21,6
10	1,4	2,4	3,4	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,6	11,7	12,7	13,8	14,9	16	17	18,1	19,2	20,2	21,3
11	1,3	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,5	11,6	12,6	13,6	14,7	15,8	16,8	17,9	19	20	21
12	1,2	2,3	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3	10,4	11,5	12,5	13,5	14,6	15,6	16,6	17,6	18,7	19,7	20,7
13	1,2	2,2	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,3	11,4	12,4	13,4	14,4	15,4	16,4	17,4	18,5	19,5	20,5
14	1,1	2,1	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,2	11,2	12,2	13,2	14,2	15,2	16,2	17,2	18,2	19,2	20,2
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	0,9	1,9	2,9	3,9	4,9	5,9	6,9	7,9	8,9	9,9	10,9	11,9	12,9	13,9	14,9	15,9	16,9	17,8	18,7	19,7
17	0,8	1,8	2,8	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	10,8	11,7	12,7	13,7	14,7	15,6	16,6	17,5	18,4	19,4
18	0,7	1,7	2,7	3,7	4,7	5,7	6,7	7,7	8,7	9,7	10,7	11,6	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,3	18,2	19,1
19	0,6	1,6	2,6	3,6	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,4	12,4	13,3	14,3	15,2	16,1	17	17,9	18,8
20	0,5	1,5	2,4	3,4	4,4	5,4	6,4	7,3	8,3	9,3	10,3	11,2	12,2	13,1	14	14,9	15,8	16,7	17,6	18,5
21	0,4	1,4	2,3	3,3	4,3	5,2	6,2	7,1	8,1	9,1	10,1	11	11,9	12,8	13,7	14,6	15,5	16,4	17,3	18,2
22	0,3	1,3	2,2	3,2	4,1	5,1	6,1	7	7,9	8,9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,5	14,4	15,3	16,2	17	17,9
23	0,1	1,1	2,1	3,1	4	4,9	5,9	6,8	7,8	8,7	9,7	10,6	11,5	12,4	13,3	14,1	15	15,9	16,7	17,6
24	0,0	1	1,9	2,9	3,8	4,8	5,8	6,7	7,6	8,5	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	13,9	14,8	15,7	16,5	17,4
25	„ „	0,8	1,7	2,7	3,6	4,6	5,5	6,5	7,4	8,3	9,3	10,2	11,1	12	12,8	13,6	14,5	15,4	16,2	17,1
26	„ „	0,7	1,6	2,6	3,5	4,4	5,4	6,3	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,7	12,6	13,4	14,2	15,1	15,9	16,7
27	„ „	0,5	1,5	2,4	3,3	4,3	5,2	6,1	7	7,9	8,8	9,7	10,6	11,5	12,3	13,1	13,9	14,8	15,6	16,4
28	„ „	0,3	1,3	2,2	3,1	4,1	5	5,9	6,8	7,7	8,6	9,5	10,3	11,2	12	12,8	13,6	14,4	15,2	16
29	„ „	0,1	1,1	2	2,9	3,9	4,8	5,7	6,6	7,5	8,4	9,2	10,1	11	11,7	12,5	13,3	14,1	14,9	15,7
30	„ „	0,0	0,9	1,9	2,8	3,7	4,6	5,5	6,4	7,3	8,1	9	9,8	10,7	11,5	12,3	13	13,8	14,6	15,4

Temperatur	21 C.	22 C.	23 C.	24 C.	25 C.	26 C.	27 C.	28 C.	29 C.	30 C.	31 C.	32 C.	33 C.	34 C.	35 C.	36 C.	37 C.	38 C.	39 C.	40 C.
0°	25,7	27,1	28,5	29,9	31,1	32,3	33,4	34,5	35,6	36,6	37,6	38,6	39,6	40,6	41,5	42,5	43,5	44,4	45,4	46,4
1	25,4	26,8	28,1	29,4	30,6	31,8	32,9	34	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,2	42,2	43,1	44,1	45	46
2	25	26,4	27,6	28,9	30,2	31,4	32,5	33,5	34,6	35,6	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7	42,7	43,7	44,6	45,5
3	24,7	26	27,3	28,6	29,8	21	32,1	33,1	34,1	35,2	36,2	37,3	38,3	39,3	40,3	41,3	42,3	43,2	44,2	45,2
4	24,4	25,7	26,9	28,1	29,3	30,6	31,6	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,8	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,8
5	24,1	25,3	26,5	27,7	28,9	30,1	31,2	32,3	33,3	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3	39,3	40,3	41,4	42,4	43,4	44,3
6	23,7	25	26,1	27,3	28,5	29,7	30,8	31,8	32,8	33,8	34,9	35,9	36,9	37,9	38,9	39,9	40,9	41,9	42,9	43,9
7	23,4	24,7	25,8	27	28,1	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	42,4	43,4
8	23	24,2	25,4	26,6	27,7	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,9	35,9	36,9	38	39	40	41	42	43
9	22,7	23,9	25	26,2	27,3	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6
10	22,4	23,5	24,6	25,8	26,9	28	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1	40,1	41,1	42,1
11	22,1	23,2	24,3	25,4	26,5	27,7	28,7	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7	36,7	37,7	38,7	39,7	40,7	41,7
12	21,8	22,9	24	25,1	26,1	27,2	28,2	29,2	30,2	31,2	32,2	33,2	34,3	35,3	36,3	37,3	38,3	39,3	40,3	41,3
13	21,5	22,6	23,7	24,7	25,7	26,8	27,8	28,8	29,8	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8	38,8	39,8	40,9
14	21,2	22,3	23,3	24,3	25,3	26,4	27,4	28,4	29,4	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4	38,4	39,4	40,4
15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
16	20,7	21,7	22,7	23,7	24,7	25,7	26,6	27,6	28,6	29,6	30,6	31,6	32,5	33,5	34,5	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5
17	20,4	21,4	22,4	23,4	24,4	25,4	26,3	27,3	28,2	29,2	30,2	31,2	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1	37,1	38,1	39,1
18	20,1	21,1	22	23	24	25	25,9	26,9	27,8	28,8	29,8	30,8	31,7	32,6	33,6	34,6	35,6	36,6	37,6	38,6
19	19,8	20,8	21,7	22,7	23,6	24,6	25,5	26,4	27,3	28,3	29,3	30,3	31,2	32,2	33,2	34,2	35,2	36,2	37,2	38,2
20	19,5	20,5	21,4	22,4	23,3	24,3	25,2	26,1	27	27,9	28,9	29,9	30,8	31,8	32,8	33,8	34,8	35,8	36,8	37,8
21	19,1	20,1	21,1	22,1	22,9	23,9	24,8	25,6	26,6	27,5	28,5	29,5	30,4	31,4	32,4	33,4	34,4	35,4	36,4	37,4
22	18,8	19,8	20,7	21,6	22,5	23,5	24,3	25,2	26,2	27,1	28,1	29,1	30	31	32	33	34	35	36	36,9
23	18,5	19,4	20,3	21,3	22,2	23,1	24	24,9	25,8	26,7	27,7	28,7	29,6	30,6	31,6	32,6	33,5	34,5	35,5	36,5
24	18,2	19,1	20	21	21,8	22,7	23,6	24,4	25,4	26,3	27,3	28,3	29,2	30,2	31,1	32,1	33,1	34,1	35,1	36,1
25	17,9	18,8	19,7	20,6	21,5	22,4	23,2	24,2	25,1	26	26,9	27,9	28,8	29,7	30,7	31,7	32,7	33,7	34,7	35,7
26	17,6	18,5	19,4	20,3	21,2	22,1	22,9	23,8	24,7	25,6	26,5	27,5	28,4	29,3	30,3	31,3	32,3	33,3	34,3	35,3
27	17,3	18,2	19,1	20	20,8	21,7	22,6	23,5	24,3	25,2	26,1	27,1	27,9	28,9	29,9	30,9	31,9	32,9	33,9	34,8
28	16,9	17,9	18,8	19,6	20,5	21,4	22,2	23,1	23,9	24,8	25,7	26,6	27,5	28,5	29,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,4
29	16,6	17,5	18,4	19,3	20,2	21,	21,8	22,7	23,6	24,4	25,2	26,2	27,1	28,1	29,1	30,1	31,1	32,1	33,1	34
30	16,3	17,2	18,1	19	19,8	20,7	21,5	22,4	23,2	24	24,9	25,8	26,7	27,7	28,7	29,7	30,7	31,6	32,6	33,6

Temperatur	41 C.	42 C.	43 C.	44 C.	45 C.	46 C.	47 C.	48 C.	49 C.	50 C.	51 C.	52 C.	53 C.	54 C.	55 C.	56 C.	57 C.	58 C.	59 C.	60 C.
0°	47,4	48,4	49,3	50,3	51,3	52,3	53,2	54,1	55,1	56,1	57,1	58	59	59,9	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9	65,8
1	47	48	48,9	49,9	50,8	51,8	52,8	53,7	54,7	55,7	56,7	57,6	58,6	59,6	60,6	61,6	62,5	63,5	64,5	65,5
2	46,5	47,5	48,5	49,5	50,4	51,4	52,3	53,3	54,3	55,3	56,3	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2	62,1	63,1	64,1	65,1
3	46,2	47,1	48,1	49	50	51	52	52,9	53,9	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8	61,7	62,7	63,7	64,7
4	45,8	46,7	47,7	48,7	49,6	50,6	51,5	52,5	53,5	54,5	55,5	56,5	57,4	58,4	59,4	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3
5	45,3	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,1	52,1	53,1	54	55	56	57	58	59	60	60,9	61,9	62,9	63,9
6	44,9	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8	51,7	52,7	53,7	54,7	55,6	56,6	57,5	58,5	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5
7	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4	51,3	52,3	53,2	54,2	55,2	56,2	57,1	58,1	59,1	60,1	61,1	62,1	63,1
8	44	45	46	47	47,9	48,9	49,9	50,9	51,9	52,9	53,9	54,9	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8	61,8	62,8
9	43,6	44,6	45,6	46,6	47,5	48,5	49,5	50,5	51,5	52,5	53,5	54,5	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4	61,4	62,4
10	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,1	51,1	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
11	42,7	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,7	50,7	51,7	52,7	53,7	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6	60,6	61,6
12	42,3	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,3	49,3	50,3	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2	60,2	61,2
13	41,9	42,9	43,9	44,9	45,9	46,9	47,9	48,9	49,9	50,9	51,9	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8	59,8	60,8
14	41,4	42,4	43,4	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4	59,4	60,4
15	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
16	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6	58,6	59,6
17	40,1	41,1	42,1	43,1	44,1	45,2	46,2	47,2	48,2	49,2	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2	58,2	59,2
18	39,7	40,7	41,7	42,7	43,7	44,8	45,8	46,8	47,8	48,8	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8	57,8	58,8
19	39,3	40,3	41,3	42,4	43,4	44,4	45,4	46,4	47,4	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4	57,4	58,4
20	38,9	39,9	40,9	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
21	38,4	39,4	40,4	41,5	42,5	43,5	44,6	45,6	46,6	47,6	48,6	49,6	50,6	51,6	52,6	53,6	54,6	55,6	56,6	57,6
22	38	39	40	41,1	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,1	51,1	52,2	53,2	54,2	55,2	56,2	57,2
23	37,6	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6	43,6	44,6	45,7	46,7	47,7	48,8	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8	55,8	56,8
24	37,2	38,2	39,2	40,2	41,2	42,2	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4	55,4	56,4
25	36,7	37,7	38,7	39,8	40,8	41,9	42,9	43,9	44,9	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
26	36,3	37,3	38,3	39,4	40,4	41,5	42,5	43,5	44,5	45,5	46,5	47,5	48,5	49,5	50,5	51,5	52,5	53,5	54,5	55,6
27	35,9	36,9	37,9	39	40	41,1	42,1	43,1	44,1	45,1	46,1	47,1	48,1	49,1	50,2	51,2	52,2	53,2	54,2	55,2
28	35,4	36,5	37,5	38,6	39,6	40,6	41,6	42,6	43,7	44,7	45,7	46,7	47,7	48,7	49,8	50,8	51,8	52,8	53,8	54,8
29	35	36	37,1	37,1	39,1	40,2	41,2	42,1	43,3	44,3	45,3	46,3	47,3	48,4	49,4	50,4	51,4	52,4	53,4	54,4
30	34,6	35,6	36,6	38,7	38,7	39,8	40,8	41,8	42,8	43,8	44,9	45,9	47	48	49	50	51	52	53	54

Temperatur	61 C.	62 C.	63 C.	64 C.	65 C.	66 C.	67 C.	68 C.	69 C.	70 C.	71 C.	72 C.	73 C.	74 C.	75 C.	76 C.	77 C.	78 C.	79 C.	80 C.
0°	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6	82,6	83,6	84,5	85,5
1	66,5	67,5	68,5	69,4	70,4	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2	82,2	83,2	84,2	85,1
2	66,1	67,1	68,1	69,1	70,1	71	71,9	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9	82,9	83,8	84,7
3	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5	82,5	83,4	84,4
4	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,2	71,2	72,2	73,2	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1	82,1	83	84
5	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,7	76,7	77,7	78,7	79,7	80,7	81,7	82,7	83,7
6	64,5	65,5	66,5	67,5	68,5	69,5	70,5	71,5	72,5	73,4	74,4	75,3	76,3	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,3	83,3
7	64,1	65,1	66,1	67,1	68,1	69,1	70,1	71,1	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	82,9
8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,7	68,7	69,7	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6	82,6
9	63,4	64,4	65,4	66,4	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3	73,3	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	81,2	82,2
10	63	64	65	66	67	67,9	68,9	69,9	70,9	71,9	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9
11	62,6	63,6	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,5
12	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	80,1	81,1
13	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8	80,8
14	61,4	62,4	63,4	64,4	65,4	66,4	67,4	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4	80,4
15	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
16	60,6	61,6	62,6	63,6	64,6	65,6	66,6	67,6	68,6	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6	77,6	78,6	79,6
17	60,2	61,2	62,2	63,2	64,2	65,2	66,2	67,2	68,2	69,2	70,2	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2
18	59,8	60,8	61,8	62,8	63,8	64,8	65,8	66,8	67,8	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9
19	59,4	60,4	61,4	62,5	63,5	64,5	65,5	66,5	67,5	68,5	69,5	70,5	71,5	72,5	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5
20	59	60	61	62	63	64	65,1	66,1	67,1	68,1	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1
21	58,6	59,6	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,7	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8	77,8
22	58,2	59,2	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,4	76,4	77,4
23	57,8	58,8	59,8	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9	65,9	66,9	67,9	68,9	70	71	72	73	74	75	76	77
24	57,4	58,4	59,4	60,5	61,5	62,5	63,5	64,4	65,5	66,5	67,5	68,5	69,6	70,6	71,6	72,6	73,6	74,6	75,6	76,6
25	57	58	59	60,1	61,1	62,1	63,1	64,1	65,1	66,1	67,1	68,1	69,2	70,2	71,2	72,2	73,2	74,2	75,3	76,3
26	56,6	57,6	58,6	59,6	60,7	61,7	62,7	63,7	64,7	65,7	66,7	67,7	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9
27	56,2	57,2	58,3	59,3	60,3	61,3	62,3	63,3	64,3	65,3	66,3	67,3	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,5
28	55,8	56,8	57,8	58,8	59,9	60,9	61,9	62,9	63,9	64,9	66	67	68	69,1	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1
29	55,4	56,4	57,4	58,5	59,5	60,5	61,5	62,5	63,5	64,5	65,6	66,6	67,7	68,7	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7
30	55	56	57,1	58,1	59,1	60,1	61,1	62,1	63,1	64,1	65,2	66,2	67,3	68,3	69,3	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3

Temperatur	81 C.	82 C.	83 C.	84 C.	85 C.	86 C.	87 C.	88 C.	89 C.	90 C.	91 C.	92 C.	93 C.	94 C.	95 C.	96 C.	97 C.	98 C.	99 C.	100 C.
0°	86,4	87,4	88,3	89,2	90,2	91,2	92,2	93,1	94	95	95,9	96,8	97,7	98,6	99,5	100,3	101,2			
1	86,1	87	88	89	89,9	90,8	91,8	92,8	93,7	94,6	95,6	96,5	97,4	98,3	99,2	100	100,9			
2	85,7	86,6	87,6	88,6	89,6	90,5	91,5	92,4	93,4	94,3	95,2	96,1	97	97,9	98,9	99,8	100,7			
3	85,3	86,3	87,3	88,3	89,2	90,2	91,2	92,1	93	94	94,9	95,8	96,7	97,7	98,6	99,5	100,4			
4	85	86	87	88	88,9	89,9	90,8	91,8	92,7	93,7	94,6	95,5	96,4	97,4	98,3	99,2	100,1	101		
5	84,7	85,6	86,6	87,6	88,5	89,5	90,5	91,4	92,4	93,3	94,3	95,2	96,2	97,1	98	98,9	99,8	100,7		
6	84,3	85,3	86,3	87,3	88,2	89,2	90,1	91	92	93	93,9	94,9	95,9	96,8	97,7	98,7	99,6	100,5		
7	83,9	84,9	85,9	86,9	87,9	88,8	89,8	90,7	91,7	92,6	93,6	94,6	95,6	96,5	97,4	98,4	99,3	100,2		
8	83,6	84,6	85,6	86,5	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,3	93,3	94,3	95,3	96,2	97,1	98,1	99	99,9		
9	83,2	84,2	85,2	86,2	87,1	88,1	89,1	90	91	92	93	94	95	95,9	96,8	97,8	98,7	99,7	100	
10	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,7	89,7	90,7	91,7	92,7	93,7	94,7	95,6	96,5	97,5	98,5	99,4	100,4	
11	82,5	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,4	89,4	90,4	91,4	92,4	93,3	94,3	95,3	96,2	97,2	98,2	99,1	100,1	
12	82,1	83,1	84,1	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	95,9	96,9	97,9	98,8	99,8	
13	81,8	82,8	83,8	84,8	85,7	86,7	87,7	88,7	89,7	90,7	91,7	92,7	93,7	94,6	95,6	96,6	97,6	98,6	99,5	
14	81,4	82,4	83,4	84,4	85,4	86,4	87,4	88,3	89,3	90,3	91,3	92,3	93,3	94,3	95,3	96,3	97,3	98,3	99,3	
15	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
16	80,6	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6	89,6	90,7	91,7	92,7	93,7	94,7	95,7	96,7	97,7	98,7	99,7
17	80,2	81,2	82,2	83,2	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,3	90,3	91,3	92,4	93,4	94,4	95,4	96,4	97,4	98,5	99,5
18	79,9	80,9	81,9	82,9	83,9	84,9	85,9	86,9	88,9	88,9	89,9	91	92	93	94	95,1	96,1	97,1	98,2	99,2
19	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,6	85,6	86,6	87,6	88,6	89,6	90,7	91,7	92,7	93,7	94,8	95,8	96,9	97,9	98,9
20	79,1	80,1	81,2	82,2	83,2	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2	90,3	91,3	92,4	93,4	94,5	95,5	96,6	97,6	98,6
21	78,7	79,7	80,8	81,8	82,8	83,8	84,8	85,9	86,9	87,9	88,9	90	91	92	93,1	94,1	95,2	96,3	97,3	98,4
22	78,4	79,4	80,4	81,4	82,4	83,4	84,4	85,5	86,5	87,6	88,6	89,6	90,7	91,8	92,8	93,9	94,9	96	97	98,1
23	78	79	80,1	81,1	82,1	83,1	84,1	85,1	86,1	87,2	88,3	89,3	90,4	91,4	92,4	93,5	94,6	95,7	96,7	97,8
24	77,6	78,6	79,7	80,7	81,7	82,7	83,7	84,7	85,7	86,8	87,9	88,9	90	91,1	92,1	93,2	94,3	95,3	96,4	97,5
25	77,3	78,3	79,3	80,3	81,3	82,3	83,4	84,4	85,4	86,5	87,5	88,6	89,7	90,7	91,8	92,9	93,9	95	96,1	97,2
26	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	81,9	82,9	84	85	86,1	87,2	88,2	89,3	90,4	91,5	92,5	93,6	94,7	95,8	97
27	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	81,6	82,6	83,6	84,7	85,7	86,8	87,9	89	90	91,1	92,2	93,3	94,4	95,5	96,7
28	76,1	77,1	78,2	79,2	80,2	81,3	82,3	83,3	84,3	85,4	86,5	87,5	88,6	89,7	90,8	91,9	93	94,1	95,2	96,4
29	75,7	76,8	77,8	78,8	79,8	80,9	81,9	83	84	85	86,1	87,2	88,2	89,3	90,4	91,6	92,7	93,8	94,9	96
30	75,3	76,4	77,4	78,4	79,4	80,5	81,5	82,6	83,6	84,7	85,8	86,9	87,9	89	90,1	91,2	92,4	93,5	94,6	95

Ziemlich annähernd findet man die Resultate dieser Tafel mittelst einer von Francoeur gegebenen Formel. Ist nämlich c die Zahl der Volumenprocente, welche das Alkoholometer in einem Weingeist von der Temperatur t direct angiebt, so wird x, d. h. der wahre Alkoholgehalt oder die Zahl der Volumenprocente, die an absolutem Alkohol von 15⁰ C. Temperatur in Weingeist von der Temperatur t enthalten ist, gefunden durch die Gleichung

$$x = c \mp 0{,}4\ t.$$

Die Temperatur t ist von 15⁰ C. an gezählt, oberhalb positiv, unterhalb negativ. Für das oben gewählte Beispiel haben wir so

$$x = 59 - 0{,}4 \times 10,$$

also $x = 55$, wie vorhin.

Wenn man den Alkoholgehalt eines Weingeistes in Gewichtsprocenten bestimmen will, so kann man die Berechnung nach den Anweisungen, welche Tralles gegeben hat, aus den Volumenprocenten mit Hülfe von dessen Tafel I. leicht machen. Richter hat ein Alkoholometer mit Angaben in Gewichtsprocenten angegeben. In folgender Tabelle sind die Gewichtsprocente mit den Tralles'schen Volumenprocenten für die Temperatur von 60⁰ F. zusammengestellt.

Richtige Gewichtsprocente, verglichen mit Tralles'schen Volumenprocenten bei 60⁰ F. (12⁰,44 R.).

Vol.- procente	Gew.- procente	Vol.- procente	Gew.- procente	Gew.- procente	Vol.- procente	Gew.- procente	Vol.- procente
0	0	55	47,29	0	0,	55	63,97
5	4,00	60	52,20	5	6,25	60	68,97
10	8,05	65	57,25	10	12,42	65	73,79
15	12,15	70	62,51	15	18,52	70	78,40
20	16,28	75	67,93	20	24,57	75	82,80
25	20,46	80	73,59	25	30,55	80	86,97
30	24,69	85	79,50	30	36,45	85	90,88
35	28,99	90	85,75	35	42,25	90	94,46
40	33,39	95	92,46	40	47,92	95	97,61
45	37,90	100	100,00	45	53,43	100	100,00
50	42,52			50	58,79		

Die sogenannten Richter'schen Gewichtsprocente weichen von den eben angeführten richtigen Gewichtsprocenten bedeutend ab, wie die nachstehende Tabelle im Vergleich mit der obigen lehrt. Sie sollten daher nicht mehr angewendet werden.

Richter's Gewichtsprocente, verglichen mit Tralles'schen Volumenprocenten bei 60° F. (12°,44 R.).

T.	R.	T.	R.	R.	T.	R.	T.
0	0,	55	41,00	0	0,	55	68,28
5	4,00	60	45,95	5	6,48	60	72,50
10	7,50	65	51,40	10	14,00	65	76,70
15	10,58	70	57,12	15	22,30	70	80,60
20	13,55	75	62,97	20	30,30	75	84,70
25	16,60	80	69,20	25	36,75	80	88,62
30	19,78	85	75,35	30	42,40	85	92,15
35	23,50	90	81,86	35	48,30	90	95,35
40	27,95	95	89,34	40	53,90	95	97,80
45	32,30	100	100,00	45	59,06	100	100,00
50	36,46			50	63,80		

Da die obige Tabelle der richtigen Gewichtsprocente nur für die Temperatur von 60° F. Gültigkeit hat, die Volumenprocente aber nicht wie die Gewichtsprocente für alle Temperaturen gleich bleiben, so muß man bei Bestimmungen des specifischen Gewichtes für andere Temperaturen die Volumenprocente nach einer der Tralles'schen Tafeln VI., VII., VIII. auf diejenigen bei 60° F. zurückführen. Ist das Volumen des Weingeistes bei 60° F. gemessen, so bedient man sich der Tafel VIII.; ist aber das Volumen bei gleicher Temperatur mit dem specifischen Gewicht bestimmt worden, so bedient man sich der Tafeln VI. oder VII., je nachdem man ein gläsernes oder messingenes Instrument gebraucht.



Bei dem Gebrauche des Alkoholometers ist das Thermometer nicht zu entbehren, deshalb erscheint es zweckmäßig, beide Instrumente in der hier angedeuteten Weise zu vereinigen, so daß nämlich die Quecksilberkugel des Thermometers c d an das Ende des Aräometers zu stehen kommt, die Thermometerröhre aber mit ihrer Scale in der Röhre, welche den Körper des Alkoholometers a b bildet, sich befindet. Es ersetzt dann die Thermometerkugel das zur Beschwerung des Aräometers nöthige Gewicht; bei b muß das Instrument natürlich zugeschmolzen sein. Die Thermometerscale braucht nur einen Umfang zu haben, wie er den gewöhnlich bei den Flüssigkeiten, mit welchen man es zu thun hat, vorkommenden Temperaturen entspricht.

Im Oesterreichischen ist das Alkoholometer von Meißner in Gebrauch, welches eine doppelte Scale hat, für Volumenprocente und für Gewichtsprocente. Demselben liegen die oben S. 306 angeführten Versuche zu Grunde, welche bei 14° R. angestellt worden. Joß *) giebt folgende (nur für 14° R. gültige) Tabelle, in welcher die Meißner'schen Grade mit denen der Instrumente von Tralles, Richter und Beck und den entsprechenden specifischen Gewichten zusammengestellt sind.

*) Tabellarische Anweisung zur Vergleichung mehr oder minder concentrirter geistiger Flüssigkeiten nach Procenten des Inhaltmaßes und zur Darstellung derselben, ein vervollständigender Anhang zu Meißner's Aräometrie. Wien, 1836.

Specifisches Gewicht	Alkoholometer — Tralles Volumen-	Alkoholometer — Meißner Volumen-	Alkoholometer — Meißner Gewichts-	Alkoholometer — Richter Gewichts-	Beck's Aräometer-Grade
	Procente oder Grade				
0,793	100,0	100	100,00	100,0	
0,797	99,1	99	98,68	98,6	
0,801	98,2	98	97,36	97,1	
0,804	97,4	97	96,10	95,1	
0,808	96,6	96	94,87	94,2	
0,811	95,6	95	93,71	93,0	39,6
0,815	94,7	94	92,52	91,5	38,6
0,819	93,8	93	91,36	90,0	37,6
0,822	93,0	92	90,21	88,6	36,9
0,825	92,0	91	88,97	87,5	36,0
0,829	91,0	90	87,70	86,1	35,2
0,832	90,0	89	86,48	85,0	34,4
0,835	88,9	88	85,29	84,1	33,8
0,837	87,9	87	84,13	83,0	33,0
0,840	87,4	86	82,96	82,1	32,5
0,843	86,5	85	81,78	81,2	31,8
0,845	85,6	84	80,66	80,1	31,0
0,848	84,9	83	79,54	79,1	30,4
0,851	83,9	82	78,44	78,1	29,7
0,853	82,8	81	77,37	77,2	29,1
0,857	81,8	80	76,06	76,2	28,5
0,859	81,0	79	74,94	74,8	27,9
0,862	79,8	78	73,86	74,1	27,3
0,864	79,0	77	72,68	73,3	26,8
0,867	78,0	76	71,52	72,0	26,0
0,870	77,0	75	70,38	70,8	25,5
0,872	75,9	74	69,24	69,5	24,8
0,875	75,0	73	68,15	68,4	24,3
0,878	73,8	72	67,07	66,9	23,6
0,881	72,7	71	66,00	65,6	22,9
0,883	71,8	70	64,91	64,7	22,5
0,886	70,7	69	63,79	63,6	21,8
0,889	69,6	68	62,73	62,5	21,3
0,891	68,5	67	61,65	61,3	20,7
0,893	67,6	66	60,61	60,3	20,2
0,896	66,5	65	59,56	59,0	19,7
0,898	65,6	64	58,52	58,2	19,3
0,901	64,7	63	57,45	57,3	18,8
0,903	63,6	62	56,41	56,3	18,4
0,905	62,4	61	55,36	55,2	17,8
0,908	61,3	60	54,32	54,0	17,3
0,910	60,4	59	53,27	52,8	16,8
0,912	59,5	58	52,26	51,7	16,4
0,915	58,4	57	51,22	50,6	15,9
0,917	57,3	56	50,22	49,4	15,3
0,919	56,4	55	49,22	48,4	15,0
0,921	55,3	54	48,22	47,3	14,5
0,924	54,3	53	47,22	46,4	14,1
0,926	53,4	52	46,23	45,4	13,6
0,928	52,3	51	45,24	44,3	13,2

Specifisches Gewicht	Alkoholometer: Tralles Volumen-	Alkoholometer: Meißner Volumen-	Alkoholometer: Meißner Gewichts-	Alkoholometer: Richter Gewichts-	Beck's Aräometer-Grade
	Procente oder Grade				
0,930	50,9	50	44,26	43,2	12,7
0,932	49,8	49	43,24	42,0	12,3
0,934	48,7	48	42,28	41,2	11,8
0,936	47,7	47	41,33	40,3	11,4
0,938	46,6	46	40,35	39,3	11,3
0,940	45,7	45	39,32	38,8	10,8
0,942	44,6	44	38,26	37,7	10,4
0,944	43,4	43	37,26	36,7	10,0
0,946	42,3	42	36,31	35,8	9,7
0,948	41,4	41	35,42	34,8	9,4
0,949	40,4	40	34,52	34,0	9,1
0,951	39,2	39	33,63	32,9	8,8
0,953	37,9	38	32,73	31,5	8,4
0,955	36,6	37	31,78	30,4	8,0
0,956	35,5	36	30,82	29,7	7,8
0,958	34,5	35	29,87	28,7	7,6
0,960	33,4	34	28,93	28,0	7,3
0,961	32,5	33	27,93	27,0	7,0
0,962	31,4	32	27,00	26,0	6,7
0,963	30,4	31	26,15	25,2	6,5
0,964	29,4	30	25,31	24,4	6,3
0,965	28,5	29	24,46	23,5	6,1
0,967	27,4	28	23,61	22,5	5,8
0,968	26,4	27	22,77	22,0	5,6
0,969	25,5	26	21,85	21,2	5,4
0,970	24,5	25	20,92	20,2	5.2
0,971	23,4	24	20,00	19,3	5,1
0,972	22,3	23	19,16	18,4	4,8
0,973	21,6	22	18,31	18,0	4,6
0,975	20,4	21	17,46	17,3	4,4
0,976	19,4	20	16,58	16,4	4,3
0,977	18,3	19	15,75	15,5	4,1
0,978	17,4	18	15,00	15,0	3,9
0,978	16,5	17	14,18	14,4	3,7
0,979	15,6	16	13,30	13,7	3,5
0,980	14,5	15	12,30	13,0	3,4
0,981	13,5	14	11,36	12,5	3,3
0,982	12,5	13	10,54	11,8	3,1
0,983	11,7	12	9,71	11,0	2,9
0,985	10,7	11	8,87	10,4	2,7
0,986	9,4	10	8,06	9,4	2,4
0,987	8,4	9	7,28	8,6	2,2
0,988	7,4	8	6,52	7,5	1,9
0,990	6,0	7	5,76	6,5	1,7
0,992	5,2	6	4,94	5,7	1,5
0,993	4,3	5	4,10	4,8	1,3
0,994	3,3	4	3,29	3,8	1,0
0,996	2,3	3	2,47	3,0	0,7
0,997	1,6	2	1,65	2,0	0,4
0,999	0,4	1	0,83	1,0	0,2

In England bedient man sich als Alkoholometer häufig sogenannter Hydrometer mit veränderlichem Gewicht und einer auf Versuche gegründeten Scale. Das älteste derartige Instrument ist das Hydrometer von Clark*). Dasselbe hat am Halse drei Marken, von denen die mittlere den Punkt bezeichnet, bis zu welchem das Instrument im Probespiritus, die obere den Punkt, bis zu welchem es in Weingeist von $^1/_{10}$ über Probe einsinkt, und die untere den Punkt, bis zu welchem es in Weingeist von $^1/_{10}$ unter Probe einsinkt. Es ist von Metall und hat zwei hohle Kugeln, von denen die untere kleinere abgeschraubt und durch andere, welche leichter oder schwerer sind, ersetzt werden kann. Es ist hierbei zu bemerken, daß man beim Handel mit geistigen Flüssigkeiten ihre Stärke dadurch zu bestimmen pflegt, daß man sie mit einem Weingeist von bekannter Beschaffenheit vergleicht. Ein solcher Weingeist ist der Probe-Spiritus (Proof), dessen specif. Gewicht 0,920 bei 60° F. ist**). Die Prüfung einer unbekannten weingeistigen Flüssigkeit bezieht sich nun darauf, daß man zu bestimmen sucht, wie viel von solchem Probespiritus in einer gewissen Quantität der zu prüfenden Flüssigkeit enthalten ist. Heißt es nun, eine Art Spiritus sei 30 Procent über Probe, so meint man: 100 Maß eines solchen Spiritus würden durch Zusatz von 30 Maß Wasser genau den Probespiritus geben. Ebenso bezeichnet 30 Procent unter Probe einen Spiritus, wie man ihn auch erhalten würde, wenn man zu 70 Maß Probespiritus 30 Maß Wasser zusetzte.

Jones', Dicas' und Quin's***) Hydrometer haben im Ganzen die Einrichtung des ebengenannten, nur besitzen sie mehrere vollständige Scalen, entsprechend den Zulage-Gewichten, die oben auf den Hals gesteckt werden, und deren bei ersterem vier an der Zahl sind, beim zweiten gar 36. Sie besitzen ferner ein Thermometer, und die beiden letzten verschiebbare Scalen, um die wegen der Temperatur berichtigten Angaben sogleich ablesen zu können. Sie geben nicht blos den Alkoholgehalt oder das specifische Gewicht des Weingeistes an, sondern auch die Verdichtung, welche Alkohol und Wasser darin erfahren haben.

Eine ausführlichere Beschreibung dürfte das Hydrometer von Atkins †) verdienen. Das Aräometer AB (s. Fig. III.) ist von Messing. Es ist 8 Zoll lang, mit einer elliptischen Kugel versehen, welche $1^1/_2$ Zoll im Durchmesser und 2 Zoll in der Länge hält. Der Stiel ist viereckig, auf jeder Seite $^1/_8$ Zoll breit, und wenn das Instrument blos für solche Flüssigkeiten dienen soll, welche eigenthümlich leichter als Wasser sind, so sind blos auf der einen Seite die 26 Buchstaben des Alphabets und 0, oder Zero, oben und unten gestochen und zwischen und

---

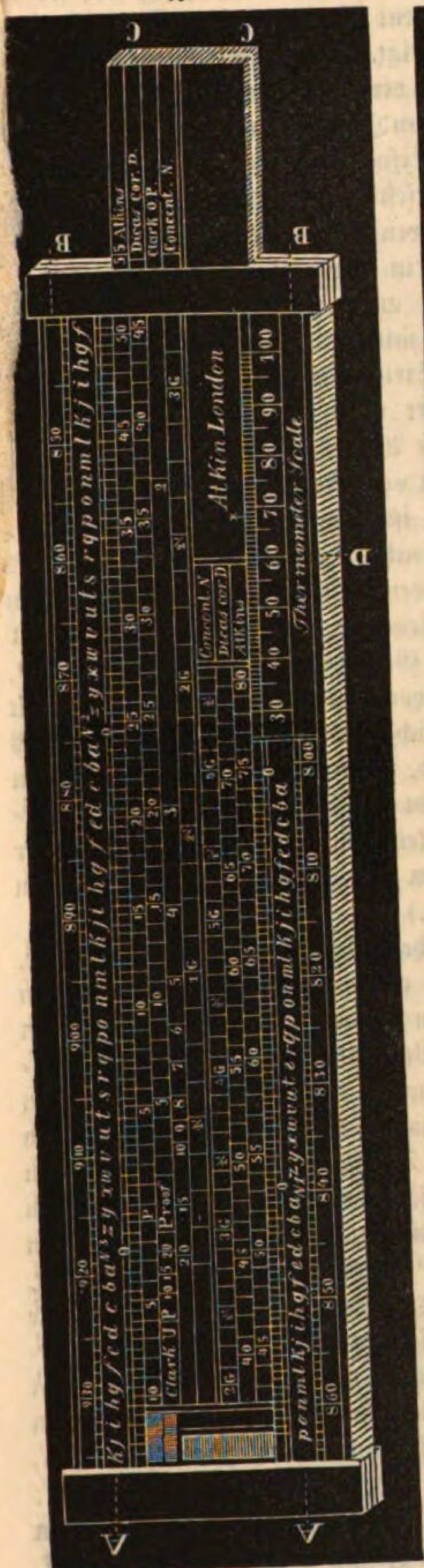
*) Phil. Transact. 1730. p. 277.

**) Nach einer Parlamentsacte vom 22. Juli 1816 (der sogenannten Hydrometer-Acte) soll bei 51° F. der Probespiritus $^{12}/_{13}$ so viel wiegen, als ein gleiches Volumen Wasser, und folglich das specif. Gewicht = 0,923077 haben. Man scheint sich aber doch nicht immer nach dieser Bestimmung zu richten, denn Turner (Elements of chemistry, Edit. V. p. 878) sagt, Probespiritus bestehe aus gleichen Gewichten absoluten Alkohols und Wassers und habe das specif. Gewicht = 0,917; er setzt hinzu, der zu Tincturen angewandte sei nur von 0,930 und 0,935 specifischem Gewicht. (Handwörterbuch d. Chemie. Bd. I. S. 479. Anm.)

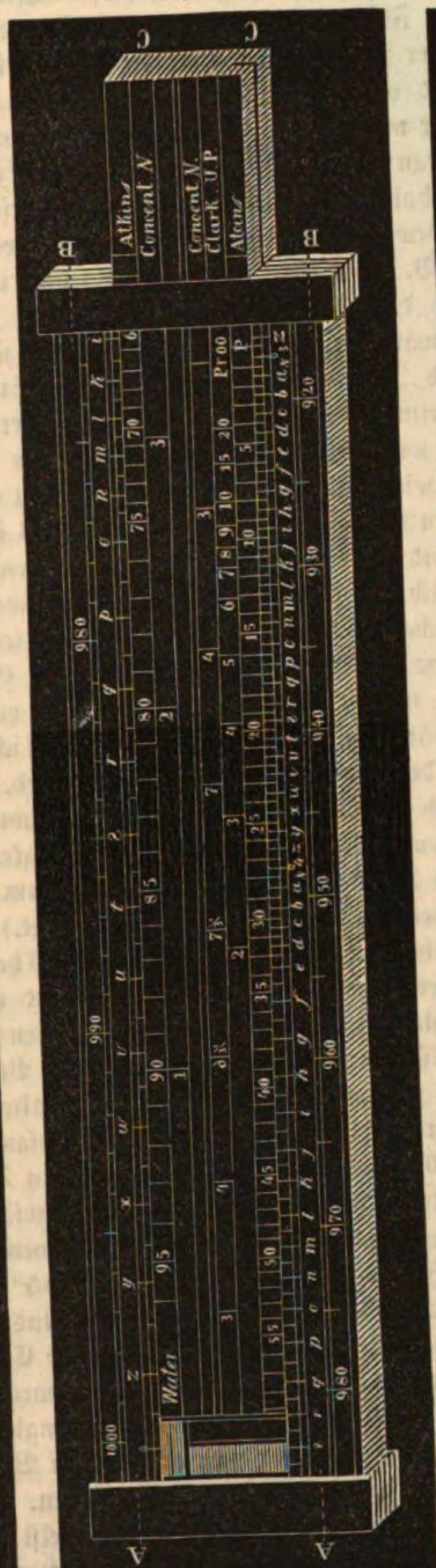
***) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 477.

†) Nicholson's Journ. August 1802. Gilbert's Ann. Bd. XXXVIII. S. 432. Atkins, Relation between the specif. gravities and the strength of spiritous Liquors. Lond. 1813.

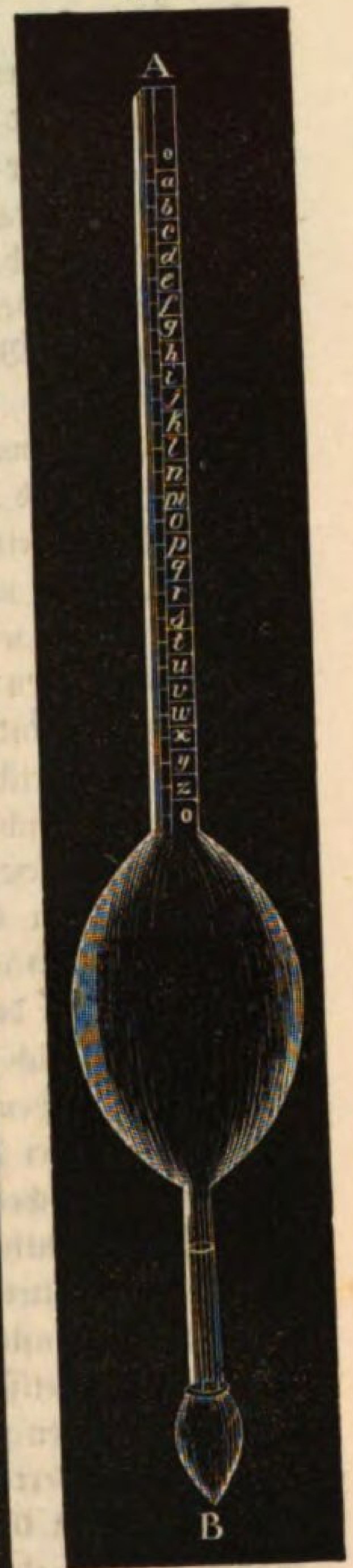
I.


C
C
B
B
35 Atkins
Dicas cor. D.
Clark O P.
Concent. N.
Atkin London
Thermometer Scale
Concent N.
Dicas cor D
Atkins
Proof
Clark U P
D
A
A

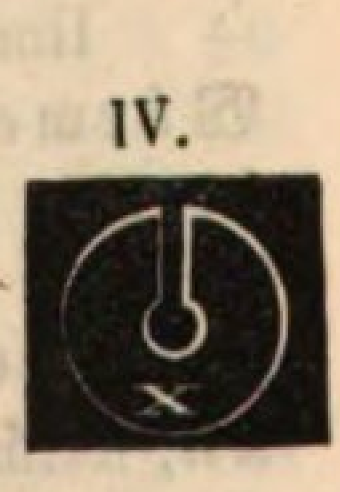
II.


C
C
B
B
Atkins
Concent N
Concent N.
Clark U P
Alcons
Proof
P
Water
A
A

III.


A
B

IV.


x

neben ihnen läuft eine Theilung fort, deren Theilstriche den Punkt angeben, wo die Oberfläche der Flüssigkeit, in der das Instrument schwimmt, den Stiel schneidet. Die Anzahl aller Theile ist 55, wie die Figur zeigt. Das Instrument wiegt etwa 400 Gran und es befinden sich bei demselben vier Gewichte von der Form wie Fig. IV., welche mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet sind und dieser Ordnung nach 20, 40, 61 und 84 Gran wiegen. Sie werden nach Erforderniß der Umstände auf den Schenkel C geschoben, wo sie von dem unten befestigten Gewichte B getragen werden. Diese Gewichte sind so justirt, daß, wenn das Aräometer, mit einem derselben, z. B. mit Nr. 2, belastet, sich in der gegebenen Flüssigkeit so tief einsenkte, daß der Stiel A genau bis an den Theilstrich der untern 0 eingetaucht wäre, und man dieses Gewicht mit dem nächstfolgenden Nr. 3 vertauschte, das Instrument sich bis an den Strich der 0 an dem obern Ende der Theilung eintauchen würde. Auf diese Art wird der Stiel fünfmal länger gemacht, als er wirklich ist, und die Anzahl der Abtheilungen wird bis auf 272 gebracht. So wie es in der Figur ohne Gewicht vorgestellt wird, sinkt es in einer Flüssigkeit, deren eigenthümliches Gewicht 0,806 ist, genau bis an den Theilstrich der obern 0, und in einer Flüssigkeit vom eigenthümlichen Gewichte 0,843 bis an den Theilstrich der untern 0 ein; die dazwischen befindlichen Theile entsprechen den eigenthümlichen Gewichten, welche zwischen jenen beiden liegen. Mit Nr. 1 belastet zeigt diese Senkwage die eigenthümlichen Gewichte von 0,843 bis 0,880, mit Nr. 2 von 0,880 bis 0,918, mit Nr. 3 von 0,918 bis 0,958, und mit Nr. 4 von 0,958 bis 1000 an. Die Oberfläche des Wassers, in welches das Instrument mit dem letztern Gewichte gesenkt wird, trifft bei 55° F. Wärme genau in den Theilstrich der untern 0. (Es ist aber nicht zu übersehen, daß die Bedeutung jedes solchen unter das Niveau der Flüssigkeit gebrachten Gewichts von der Dichtigkeit dieser Flüssigkeit abhängt, indem es um so viel erleichtert wird, als ein dem seinen gleiches Volumen der Flüssigkeit wiegt.)

Das eigenthümliche Gewicht, welches jeder Theilstrich des Aräometers anzeigt, findet man mittelst des mit einem Schieber und mehreren Theilungen versehenen Lineals (Rechenstabes), dessen beide flache Seiten in Fig. I. und II. abgebildet sind. Die Theilstriche A A, A A, welche mit den Buchstaben des Alphabets bezeichnet sind, beziehen sich auf die Theilstriche der Senkwage, wenn diese mit demjenigen Gewichte beschwert ist, dessen Nummer bei dem Anfange jeder dieser Buchstabenreihen über der untern 0 angegeben ist; und die äußern Theilstriche B B, B B, nahe am Rande des Lineals, zeigen die eigenthümlichen Gewichte des Spiritus an, in welchem die so belastete Senkwage sich bis an den gefundenen Theilstrich eintaucht, wenn man dem eigenthümlichen Gewichte des Wassers bei 55° F. Wärme 1000 Theile giebt.

Um jedoch die Stärke und Güte des Spiritus zu erfahren, ist es nöthig, die Wärme zu beobachten und die deshalb nöthige Correction anzuwenden, und dieses läßt sich durch den Schieber dieses Instrumentes bewerkstelligen. Es dient dazu die mit Atkins bezeichnete Scale mit ungleichen Theilen, welche auf den Linien C C, C C des Schiebers angebracht ist, in Verbindung mit den Linien A A, A A, welche die Buchstaben des Alphabets führen. Das Verfahren ist folgendes: Nachdem man die Wärme der Flüssigkeit mittelst eines Thermometers gefunden hat, stellt man den mit einem Sternchen bezeichneten Zeiger des Schiebers, Fig. I. D, auf den gefundenen Wärmegrad der Thermometerscale, welche auf dem Instrumente an dem Rande des Schiebers gezeichnet ist. Man findet dann die

Stärke des untersuchten Spiritus und die Güte desselben im Handel bei dem Theilstriche der mit Atkins bezeichneten Linie C, welcher alsdann auf eine der beiden Seiten des Lineals dem Buchstaben und dem Theile der Linie des Alphabets bei A zugehört, bei welchem die Oberfläche der Flüssigkeit den Stiel berührt hat.

Die mit Dicas und Clark bezeichneten Linien des Schiebers dienen, die Stärke und den Werth so anzugeben, wie sie mittelst der von diesen erfundenen Instrumente bestimmt werden.

Die Zahlen in der mit Concentration bezeichneten Spalte, welche über dem Worte Proof stehen, zeigen die Verminderung des Raumes an, die stattfindet, wenn man den gegebenen Spiritus durch Vermischung bis zur Probe bringt, und die Zahlen, welche unter dem Worte Proof stehen, geben die Verminderung, welche entsteht, wenn man dem Probespiritus die Stärke des gegebenen mittheilt. Diese Zahlen müssen im ersten Falle von der Menge, welche in der mit Atkins bezeichneten Spalte C angegeben ist, abgezogen werden, um das Procent nach der Schätzung im Handel genau zu finden. So zeigt z. B. 50 über der Probe in der Spalte Atkins an, daß man zu 100 Theilen des Spiritus, welcher diesem Theilstriche zukommt, 50 Theile Wasser gießen müsse, um den Probespiritus zu erhalten; daß man aber dann der Quantität nach nur 147 Theile erhalte, ersieht man aus der Spalte Concentration, welcher zufolge die Zusammenziehung bei der Mischung 3 Theile ausmacht. Bei dem Spiritus unter der Probe zeigen die Zahlen der Spalte Concentration die Verminderung des Raumes in Pinten auf 100 Gallonen der Mischung an. Wenn z. B. 70 Gallonen (à 8 Pinten) des Probespiritus mit 30 Gallonen Wasser vermischt werden, so erhält man eine Mischung, deren Stärke in der Spalte C mit 30 unter der Probe bezeichnet ist; weil aber die Concentration 7 Pinten giebt, so hat man blos $99^1/_8$ Gallonen.

Wenn das Aräometer blos zu spirituösen Mischungen dienen soll, so werden die Gewichte, wie oben angeführt worden, einzeln gebraucht; wenn man aber dem Gewichte Nr. 4 die übrigen nach und nach beifügt, so läßt es sich zur Untersuchung der Würze und anderer Flüssigkeiten anwenden, deren eigenthümliche Gewichte sich zwischen 1,000 und 1,109 befinden, oder die, um in der Sprache der Brauerei zu reden, auf eine Tonne*) um 40 Pfund schwerer als Wasser sind. In diesem Falle sind die andern drei Seiten des Stiels auch mit Graden versehen, und es befindet sich in dem Futterale des Instrumentes noch eine andere Scale mit einem elfenbeinernen Schieber, der an einer Thermometerscale vorbeistreicht, um die Würzen bei verschiedenen Temperaturen vergleichen zu können.

Das Hydrometer von Speer ist auf seinem achtseitigen Halse mit acht Scalen für die Temperaturen 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70° F. ausgestattet und außerdem mit vier kleinen Stiften, welche in den untersten Theil des Instrumentes eingestellt werden können und dasselbe durch die Veränderung des Gewichtes für die zwischen den angegebenen liegenden Temperaturen berichtigen sollen.

Endlich gehört hierher noch das Hydrometer von Sike, dessen man sich gegenwärtig bei Erhebung der Branntweinsteuer in England bedient. Es gleicht dem Atkins'schen Instrumente, hat auf seinem vierseitigen Stiele eine in 11 gleiche Theile getheilte Scale und ist mit neun Zulage-Gewichten versehen. Von diesen

*) Barrel; ein Barrel Ale hält 32 und ein Barrel Bier 36 Gallonen.

können acht ringförmige so übergeschoben werden, daß sie unter das Niveau der Flüssigkeit kommen, während das neunte eine parallelepipedische Gestalt hat und oben auf den Hals gesteckt werden kann. Die ringförmigen Gewichte tragen die Bezeichnung 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80. Der parallelepipedische Aufsteckkörper hat das Gewicht 60 = $^1/_{12}$ vom Gewicht des ganzen Instrumentes. Er muß so regulirt sein, daß, wenn er oben und das Gewicht 60 unten aufgesteckt ist, das Hygrometer in Wasser von 51° F. Temperatur bis zum Probepunkte einsinkt, und daß, wenn man hierauf den ersten Gewichtskörper wegnimmt, das Instrument in Probespiritus bis zu demselben Punkte einsinkt.

Auch für alle anderen Arten von Flüssigkeiten, welche wesentlich nur aus zwei Bestandtheilen bestehen, kann man mit Erfolg Aräometer anfertigen, welche den Gehalt derselben bezeichnen. In den Seifensiedereien prüft man die Stärke der aus Asche und Kalk bereiteten Aetzlauge mit einer Laugenwage oder Laugenprobe, welche zuweilen als Procent-Aräometer eingerichtet ist. Die Concentration von Salzlösungen prüft man mit den Salzspindeln, Salzwagen, Sool- oder Gradirwagen, Salpeterspindeln und Pottaschenwagen, welche gewöhnlich Scalen haben, an denen die Grade angeben, wie viel Gewichtstheile Kochsalz, Salpeter oder Pottasche in 100 Gr. der Auflösung enthalten sind. Man hat auch Salzspindeln, deren Grade den Gehalt an Kochsalz in 128steln ausdrücken, so daß man durch sie sogleich erfährt, wie viel Quentchen Kochsalz in 1 Pfund der Auflösung enthalten sind, da 1 Pfd. = 128 Quentchen. Solcher Instrumente bedient man sich auch in den Pottasche-Siedereien. Wo es darauf ankommt, das Eintreten eines gewissen Grades der Concentration abzuwarten, z. B. beim Abdampfen gewisser Salzauflösungen bis zu dem zur Krystallisation günstigen Momente der Concentration, bedarf man nur eines Aräometers mit einem einzigen festen Punkte, der so abgepaßt ist, daß das Instrument bis zu ihm einsinkt, sobald der angegebene Moment eintritt. In diesem Falle ist es nach Karmarsch*) am zweckmäßigsten, sich als Aräometer einer mit Schrot beschwerten Glaskugel mit kurzem Halse zu bedienen, an welcher nur die Stelle bemerkt ist, bis zu welcher er über die Oberfläche der Flüssigkeit bei gehöriger Concentration derselben hervorragt. Bei der Zuckersiederei bedient man sich zuweilen sogenannter Saccharometer, deren Scale so construirt ist, daß man den Punkt, bis zu welchem das Instrument in destillirtem Wasser bei 14° R. einsinkt, mit 0, den Punkt aber, bis zu welchem es in einer Mischung aus 1 Theil Zucker und 10 Th. Wasser sinkt, mit 10 bezeichnet, den Abstand beider Punkte in 10 gleiche Theile theilt und noch 30 Theile nach unten zu aufträgt. Die so erhaltenen 40 gleichen Theile entsprechen aber keinesweges gleichen Zuckermengen in der Auflösung. Andere Zucker-Aräometer sind mit dem Beaumé'schen allgemeinen Aräometer übereinstimmend graduirt, enthalten jedoch nur die Grade 20—36, welche allein bei der Prüfung des Zuckersyrups in Anwendung kommen. Die hierher gehörigen Instrumente lassen sich nach dem eben vorhandenen Bedürfnisse vervielfältigen: Meißner (s. dessen Aräometrie) beschreibt einen Schwefelsäure-, Salzsäure- und Ammoniak-Messer und giebt die auf Versuche gegründeten Tabellen an.

Auch für zusammengesetztere Flüssigkeiten, wie Milch, Bier, Wein, hat man Aräometer construirt, welche aber nur sehr unzuverlässige Bestimmungen geben

*) Prechtl, Technolog. Encycl. Bd. I. S. 337.

können. Das von Cadet de Vaux angegebene Galaktometer (Milchmesser) ist ein, wie das Beaumé'sche, graduirtes Aräometer mit den Graden von 0 bis zu 8 abwärts. Die Kugel des Instrumentes ward so groß genommen, daß die einzelnen Grade hinlänglich groß ausfielen, um noch in Viertel getheilt werden zu können. Das Instrument sinkt in guter, nicht abgerahmter Milch bis zu $4^1/_2$—5 Grad ein, in abgerahmter Milch bis zu $5^1/_4$, in mit Wasser verdünnter Milch nur bis zu $3^3/_4$—4 Grad. Hieraus ersieht man schon die Unzuverlässigkeit des Instrumentes, weil sowohl fettere als mit Wasser verdünnte Milch leichter als reine abgerahmte Milch ist. Zusätze von Mehl u. dergl. bringen noch größere Unsicherheit in die Angaben des Galaktometers. Davy's Lactometer ist nur für abgerahmte Milch bestimmt. Davy überzeugte sich durch oft wiederholte Versuche mit Milch aus verschiedenen Meiereien, daß das specifische Gewicht der unverfälschten abgerahmten Milch nicht unter 1,036, meist 1,037 oder 1,0375, seltener bis 1,040 beträgt (bei 8⁰ R.). Käufliche Milch fand er öfter mit $^1/_8$ bis $^1/_5$ Wasser verdünnt, übrigens aber durch keinen Zusatz verfälscht; die schlechteste darunter hatte ein specifisches Gewicht von 1,026. Auf diese Erfahrung ist die Scale des Milchmessers gegründet, bei der jener Punkt, bis an welchen das Instrument in der leichtesten unverfälschten Milch vom specifischen Gewichte 1,035 (bei 60⁰ F.) einsinkt, mit 0 bezeichnet ist und jeder der 35 von hier nach oben aufgetragenen Grade ein Procent Wasser mehr anzeigt; so daß z. B. Milch am Lactometer 20⁰ zeigt, wenn ihr auf 100 Theile 20 Theile Wasser zugesetzt sind, sie also im Ganzen $^1/_6$ Wasser enthält. Diese Scale ist für die Temperatur von 60⁰ F. (12⁰,44 R.) gültig; für jede 3⁰ F. ($1^1/_3$⁰ R.) darüber oder darunter muß von der beim Einsenkungspunkte stehenden Zahl 1 abgezogen oder zu derselben 1 hinzugefügt werden, um die von dem Temperatur-Unterschiede herrührende Veränderung des specifischen Gewichts zu corrigiren. Andere Zusätze als Wasser machen natürlich auch hier das Resultat trüglich.

Das Galaktometer von Dinocourt*) besteht aus einer weiten Kugel mit einer dünnen Röhre; das Instrument sinkt bis 0⁰ in destillirtem Wasser ein. Unterhalb des Nullpunktes befinden sich drei Hauptabtheilungen, welche jede in 20 Grade eingetheilt sind. Reine Kuhmilch zeigt stets $4^{12}/_{20}$—$4^{16}/_{20}$, abgerahmte Milch $5^4/_{20}$—$5^6/_{20}$. Durch Verdünnung mit $^1/_5$, $^1/_3$, $^1/_2$ Wasser sinkt das Instrument auf $3^{10}/_{20}$, $3^6/_{20}$, $3^2/_{20}$; abgerahmte Milch mit Wasser vermischt zeigt bei $^1/_8$—$^1/_7$ Wasser den Normalgrad, enthält aber dann natürlich weniger Butter. Colostrum zeigt $7^{16}/_{20}$. Ist die Milch zähe und zeigt den Normalgrad, so enthält sie Colostrum; ist sie dabei dünnflüssig, so ist sie verdünnt oder bei hinreichender Buttermenge von einem kranken Thiere. Diese Prüfung muß daher zusammen vorgenommen werden mit einer Prüfung auf die Rahmmenge.

Weinwagen stellt man her, indem man ein Aräometer in Wasser schwimmen läßt, den Punkt, bis zu welchem es einsinkt, mit 0 bezeichnet, es dann in guten Wein bringt und zu dem Einsenkungspunkte 10 schreibt, endlich den Abstand der beiden Punkte in 10 gleiche Theile theilt. Die Unzuverlässigkeit des Instrumentes liegt auf der Hand, wenn man zumal berücksichtigt, daß die Güte des Weins nicht nur von seinem Gehalt an Weingeist, sondern auch von seinem Zuckergehalt

*) Chevalier u. Henry, Journ. de chim. méd. 1839. p. 145. 193. Handwörterbuch der Chemie u. Physik. Bd. II. S. 144.

abhängt und daß sich die Beschaffenheit des Weines verändert, indem sich der Zucker in Weingeist umwandelt.

Gleiche Bewandtniß hat es mit den Bierwagen oder Bierproben. Dieselben unterscheiden sich von der Weinwage nur insofern, als sie für eine Flüssigkeit bestimmt sind, welche schwerer als Wasser ist, während der Wein im Allgemeinen leichter als Wasser ist. Die Bierprobe hat also den Nullpunkt oben, während ihn die Weinprobe unten hat. Cadet de Vaux hat das Beaumé'sche Aräometer zur Prüfung des Weines und des Mostes vorgeschlagen und Chevalier hat hiernach zwei Instrumente ausgeführt, welche er Gleukometer (Mostmesser) und Oenometer (Weinmesser) nannte. Ersteres enthält von der Beaumé'schen Scale für schwerere Flüssigkeiten nur die ersten Grade von 0 bis 16 abwärts; aber diese Grade sind groß, damit das Instrument empfindlicher wird. Je weniger dasselbe im Moste einsinkt (d. h. je mehr Grade es angiebt), desto mehr Zucker kann man in letzterem voraussetzen und desto besserer Wein ist daher zu erwarten. Achtgradiger Most giebt nur mittelmäßigen, zwölfgradiger schon guten Wein. An dem Oenometer, dessen Scale unten mit Null anfängt, zeigen schwache Weine 1 oder 2, bessere 4 bis 5, sehr gute 7, auch 8 Grad. Man kann beide Scalen mit einander verbinden, wo dann der Nullpunkt in die Mitte fällt, die Grade über demselben für den Wein, jene darunter für den Most gebraucht werden.

Karmarsch *) erwähnt noch ein von Hermbstädt vorgeschlagenes Loh-Aräometer, welches vom Nullpunkte (dem des destillirten Wassers) abwärts 20 Grade hat, die nach Gewichtsprocenten die in der Lohbrühe enthaltene Menge von Gerbstoff und andern aus der Lohe aufgelösten Substanzen anzeigen sollen.

Laurot **) in Rouen hat ein Oleometer (Oelmesser) angegeben, welches zur Prüfung der Reinheit des Oeles dienen soll. Der Apparat beruht auf der Eigenthümlichkeit der Oele, daß sie bei einer Temperatur von 100° C. sehr verschiedene specifische Gewichte haben. Das Oleometer besteht aus einem Gefäß von Weißblech, in welches Wasser (zum Marienbade) gegossen und ein hohler Cylinder von Weißblech gebracht wird, der das zu prüfende Oel enthält. Das Wasser wird über Feuer zum Sieden gebracht und theilt seine sich gleich bleibende Siedetemperatur dem Oele mit. Ein kleines Aräometer schwimmt in dem Oele und zeigt das specifische Gewicht desselben an. Sein Hals ist in gleiche Theile getheilt; er hat 200 Grade über und 25 unter Null. Ein kleines Thermometer zeigt an, wann das Oel die Temperatur 100° C. erlangt hat. Laurot hatte besonders die Prüfung des Rüböls im Auge und hat Tafeln berechnet, welche angeben, welche Grade des Oleometers eine Beimischung von gewissen andern Stoffen, deren Vorhandensein man durch chemische Mittel erproben muß, in gewissen Quantitäten verrathen.

Der Artillerie-Lieutenant Becker***) hat ein Pulveraräometer angegeben, dessen Scale so regulirt ist, daß bei einer Lösung von 400 Gran Pulver in 1 Pfd. destillirtem oder Regenwasser und bei 14° R. Temperatur jeder Grad $\frac{1}{2}$ Procent Salpetergehalt im Pulver anzeigt, welches nach dem obigen Verhält-

*) Prechtl, Technol. Encycl. Bd. I. S. 341.
**) Dictionn. des arts et manufact. p. 2005.
***) Jahrbücher des polytechn. Instituts. Bd. XVII.

niß in Wasser gelöst ist, so daß man nur nöthig hat, die Zahl des Aräometers mit 20 zu multipliciren, um den Procentgehalt des Pulvers an Salpeter zu erhalten.

Die aräometrischen Glasperlen, welche Wilson zuerst angegeben und Lovi verbessert und in großer Auswahl angefertigt hat, sind kleine hohle Glaskugeln von ungleichem Gewicht. Wirft man solche Perlen in eine Flüssigkeit, so sinken alle diejenigen unter, welche schwerer sind als ein dem ihrigen gleiches Volumen der Flüssigkeit, während alle diejenigen obenauf schwimmen und untergetaucht emporsteigen, welche leichter sind als ein dem ihrigen gleiches Volumen der Flüssigkeit. Diejenigen dagegen, welche genau ebenso schwer sind als ein dem ihren gleiches Volumen der Flüssigkeit, bleiben in dieser schweben, wohin man sie auch stößt. Die numerirten Glasperlen sind nun so regulirt, daß ein vollständiges Sortiment alle vorkommenden specifischen Gewichte tropfbarer Flüssigkeiten repräsentirt in Unterschieden von je zwei Tausendtheilen.

Aräometrie, s. Aräometer.

Argentan, s. Nickel.

Armatur, Armirung (v. d. lat. armare, bewaffnen), Bewaffnung bezeichnet in der naturwissenschaftlichen Kunstsprache jede Art von Ausrüstung zu gewissen Zwecken. Man spricht von einer Armirung des natürlichen Magnets und versteht darunter die Umkleidung desselben mit Eisenblech, um seine magnetische Kraft zu concentriren (s. Magnet). Man spricht von einer Armatur der Muskeln und Nerven und versteht darunter die Metallblättchen oder Scheiben, welche man mit den Nerven und Muskeln zum Zwecke gewisser galvanischer Versuche in Berührung bringt (s. Galvanismus).

Armillarsphäre, s. Ringkugel.

Arragonit, so genannt von seinem ersten Fundorte Molina in Arragonien. Das Krystallsystem dieses Minerals ist zwei- und zweigliedrig und vorzüglich zu Zwillingsformen geneigt; die Grundform ist eine geschobene vierseitige Säule von reichlich 116° (welcher der nicht vollkommene blätterige Bruch parallel ist) mit einer auf den scharfen Seitenkanten aufgesetzten Zuschärfung von 109° 5′ und gewöhnlich mit Abstumpfungsflächen der scharfen Seitenkanten. Die Zwillinge bilden sich auf die Art, daß zwei Individuen sich mit einer Säulenfläche an einander legen, während die andern Flächen der Säule umgekehrt liegen; die Zuschärfungsflächen bilden an der Endfläche eine federartige Streifung und diese stellt sich, wenn die einspringenden Winkel ganz verschwinden, in Folge der Abstumpfungsfläche der scharfen Seitenkanten, als ein symmetrisches Sechseck dar, in welchem nur zwei der sich gegenüberliegenden Seiten parallel sind. Auch kommen häufig Durcheinanderwachsungen von zwei oder mehreren Krystallen vor. Es finden sich auch sehr spitze, spießige Krystalle, welche schöne doppeltsechsseitige Pyramiden bilden, deren Flächen einer sehr scharfen, auf die Säule gerade aufgesetzten Zuspitzung angehören und zur Grundfläche das Sechseck mit den Winkeln von 128° haben, das einer zwillingsartigen Durcheinanderwachsung entspricht. — Der Arragonit hat ein specif. Gewicht = 2,9 bis 3, seine Härte ist ungefähr die des Flußspaths; er zeigt oft einen dem Diamantglanz nahe kommenden Glasglanz, auch Fettglanz, im frischen Bruch besonders lebhaft. Er kommt farblos oder gelblich, röthlich, violett rc. gefärbt vor, außer krystallisirt auch stenglig, schalig und ästig; der korallenartig verzweigte heißt auch Eisenblüthe; er findet sich auf Gängen, besonders im Basalt, weniger, aber doch ebenfalls im Urgebirge, Uebergangsgebirge (im Ueber-

gangskalke in Tyrol auf Klüften), und die großen Krystalle in Gyps eingewachsen. Die beiden optischen Axen neigen sich nach Brewster unter 18° 18′, die scheinbaren nach Neumann unter 30° 48′. Die specifische Wärme, gegen die des Wassers, ist beim Arragonit = 0,1966, beim Kalkspath = 0,2015 (Neumann). Der Arragonit bildet mit dem Kalkspath eins der schönsten Beispiele isomerischer Körper, denn er besteht im Wesentlichen, wie dieser, allein aus kohlensaurem Kalke, indem die Beimengungen von kohlensaurem Bleioxyd (in dem Arragonit von Tarnowitz 2—4 Proc.) und namentlich von kohlensaurer Strontianerde (1—4 Proc.), von welcher letztern man früher die von der des Kalkspaths so sehr abweichende Krystallform abhängig machte, als unwesentlich zu betrachten sind, da man Arragonitkrystalle gefunden hat, die aus völlig reinem kohlensaurem Kalke bestanden; dieser ist also dimorph. G. Rose*) hat gezeigt, daß man diese beiden Formen auch künstlich erhalten kann, indem aus einer heißen wässerigen Lösung von kohlensaurer Kalkerde diese in der Form des Arragonits sich absetzt (so der Kalksinter in heißen Quellen, wie der Carlsbader Sprudelstein 2c.), daß man dagegen aus kaltem kohlensaurem Wasser oder durch Fällen einer Auflösung von Chlorcalcium denselben in mikroskopischen Kalkspathkrystallen erhält. — Der Arragonit hat ferner die Eigenschaft, wenn man ihn bis zum anfangenden Glühen erhitzt, zu einem groben Pulver zu zerspringen, welches dann nach Haidinger**) aus kleinen Kalkspathkrystallen besteht und nach G. Rose (a. a. O.) wenigstens das specifische Gewicht des Kalkspaths besitzt, welches bekanntlich merklich geringer als das des Arragonits, nämlich = 2,71 bis 2,73 ist. E. W.

Arsenik (Scherbenkobolt, Fliegengift; lat. Arsenicum, cobaltum crystallisatum; griech. ἀρσενικόν des Dioscorides, wegen seiner kräftigen Wirkung von ἀρσενικός, männlich) wurde 1694 von Schröder und zuerst rein im J. 1733 von Brandt aus der schon seit Jahrhunderten bekannten arsenigen Säure dargestellt. In der Natur findet es sich zuweilen gediegen (Scherbenkobalt), gewöhnlich in Verbindung mit Metallen, besonders Kobalt, Nickel, Eisen 2c., oder mit Schwefel (Auripigment, Arsenikkies), seltener mit Sauerstoff als arsenige Säure und arseniksaure Salze. Man gewinnt das Arsenik durch Sublimation des in der Natur vorkommenden Scherbenkobalts oder namentlich des Arsenikkieses, indem bei der Destillation des letztern der Schwefel beim Eisen zurückbleibt; es wird gereinigt durch nochmalige Sublimation mit Kohlenpulver. Es ist sehr spröde und leicht pulverisirbar, stahlgrau oder lichtbleigrau und stark metallisch glänzend, von blättrigem Gefüge und krystallisirt in Rhomboëdern, deren Endkantenwinkel = 85° 26′ ist und die zuweilen in Verbindung mit einem spitzeren und einem stumpferen Rhomboëder auftreten (Gmelin); das specifische Gewicht ist nach Karsten = 5,6281, nach Herapath = 5,672, nach Lavoisier = 5,76 und nach Guibourt = 5,959; es ist geruch- und geschmacklos und verflüchtigt sich, ohne zuvor zu schmelzen, bei dunkler Rothglühhitze, etwa zwischen 326 und 360°. Das Arsenikgas ist farblos, hat ein specif. Gewicht = 10,37 (Mitscherlich) und verbreitet einen starken knoblauchartigen Geruch. — An der feuchten Luft verliert das reine Arsenik seinen Glanz und wird grauschwarz, indem es sich mit einer Schicht von Sub-

*) Pogg. Ann. Bd. XLII. S. 363.
**) Pogg. Ann. Bd. XI. S. 177.

oxyd überzieht, und zerfällt endlich zu einem schwarzen Pulver, rascher bei einer Temperatur von 30 bis 40°; in trockner Luft verändert es sich nicht, ebenso wenig in luftfreiem Wasser; ist dieses aber lufthaltig oder hat die Luft Zutritt, so oxydirt es sich zu arseniger Säure (Arsenoxyd, weißes Arsenik, Arsenikblumen, Rattengift, Hüttenrauch, Giftmehl), welche sich im Wasser auflöst. Die letztere bildet sich auch, wenn man Arsenik an der Luft erhitzt, bis es mit blaßblauer Flamme unter Bildung eines röthlichen, knoblauchartig riechenden Rauches verbrennt; oder man erhält sie im Großen durch Rösten arsenikhaltiger Erze, indem man den Dampf in sogenannten Giftfängen condensirt. Arsenik wird ferner durch Behandlung mit Salpetersäure zu arseniger Säure oxydirt; diese ist schon seit dem 11. Jahrhundert bekannt und kommt in der Natur als Arsenikblüthe vor. Man kann sie in zweierlei Krystallformen erhalten: in durchsichtigen, lebhaft glänzenden, regelmäßigen Oktaëdern und Tetraëdern oder in biegsamen Prismen und sechsseitigen rhombischen Tafeln, und im amorphen Zustande als Arsenikglas. Das sogenannte Giftmehl gehört dem erstern Zustande an; es ist ein zartes, weißes krystallinisches Pulver. Frisch bereitet und geschmolzen ist die arsenige Säure vollkommen durchsichtig und glasartig und hat ein specif. Gewicht = 3,7385; bei längerem Liegen verliert sie ihre Durchsichtigkeit und wird porzellanartig, in Folge ihres Ueberganges aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand, und ihr specif. Gewicht sinkt auf 3,699 herab. Die arsenige Säure schmilzt in verschlossenen Gefäßen zu einem Glas; an der Luft verdampft sie leichter als das Metall, nach Mitchell schon bei 218°, und wird, ehe sie sich verflüchtigt, weich, aber ohne vollkommen zu schmelzen; das Gas ist farb- und geruchlos und hat ein specif. Gewicht = 13,85 (Mitscherlich). Die Säure schmeckt schwach metallisch und süßlich; sie ist in Wasser und Weingeist schwer löslich, bildet eins der heftigsten Gifte und dient als Heilmittel, zur Glasbereitung, zur Färberei, zur Herstellung verschiedener Farben, zum Vergiften schädlicher Thiere. Die arsenige Säure = As^2O^3 besteht aus 75,8 Arsenik und 24,2 Sauerstoff, und verhält sich gegen viele Säuren (namentlich Weinsteinsäure) als Basis (Arsenoxydsalze) ähnlich dem Antimonoxyd; gegen Basen verhält sie sich wie eine sehr schwache Säure, sie bildet Salze, von denen man noch keins hat krystallisirt erhalten können. Das arsenigsaure Kali ist in der Solutio arsenicalis (Solutio Fowleri) enthalten. Das weinsteinsaure Kali- und das Ammoniak- und traubensaure Natron-Doppelsalz krystallisiren sehr gut.

Die dritte Oxydationsstufe des Arseniks, die Arseniksäure (As^2O^5), erhält man durch Auflösen von metallischem Arsenik oder von arseniger Säure in Königswasser, Abdampfen bis zur Trockenheit und sehr schwaches Glühen des Rückstandes. Sie bildet nach dem Schmelzen eine farblose, durchsichtige, glasartige Masse, die nach längerem Aufbewahren weiß und undurchsichtig wird; sie schmilzt in schwacher Glühhitze und zersetzt sich in starker Glühhitze in arsenige Säure und Sauerstoff. Specif. Gewicht nach Bergmann = 3,391, nach Karsten = 3,734. Die Arseniksäure löst sich langsam in 6 Th. kaltem Wasser auf, vollständig erst nach einigen Tagen, schneller in 2 Th. heißem; sie zerfließt an der Luft zu einer sehr sauren, stark metallisch schmeckenden, syrupartigen Flüssigkeit. Wird die Auflösung in Wasser bis zu einem bestimmten Punkte eingedampft und einer niedrigen Temperatur ausgesetzt, so bilden sich darin große Krystalle, die sehr leicht

zerfließen und Arsenik säurehydrat sind (Mitscherlich). Die Arseniksäure ist eine starke Säure, welche bei höherer Temperatur selbst starke flüchtige Säuren aus ihren Verbindungen austreibt. Sie bildet mit Basen drei Reihen von Salzen, mit 1, 2 und 3 At. Basis, von denen die erste Reihe saure, die zweite neutrale und die dritte basische arseniksaure Salze genannt werden. Diese Salze haben sehr viele Aehnlichkeit mit den phosphorsauren; sie sind mit diesen isomorph, so daß jedem arseniksauren Salze ein phosphorsaures mit derselben Krystallform entspricht. Die arseniksauren Salze verlieren in höherer Temperatur ihr Krystallwasser, nehmen dieses aber sogleich wieder auf, sowie sie mit Wasser wieder in Berührung kommen, so daß man aus einer wässerigen Auflösung keine para- und meta-arseniksauren Salze darstellen kann, wie man bei gleicher Behandlung der gewöhnlichen phosphorsauren Salze diese in para- und meta-phosphorsaure Salze verwandeln kann. Die Arseniksäure bildet ferner zum Theil schön krystallisirte Doppelsalze, die man durch Sättigung der sauren alkalischen Salze mit einer Base erhält. In der Natur kommen mehrere krystallisirte Verbindungen der Arseniksäure vor: mit Eisenoxydul als Skorodit, mit Kalkerde als Pharmakolith, mit Eisenoxyduloxyd als Würfelerz, mit Kupferoxyd als Euchroit, Olivenit 2c.

Arsenikwasserstoff (As^2H^6) erhält man beim Auflösen einer Legirung von Zink und Arsenik in verdünnter Schwefelsäure oder Salzsäure; es ist ein farbloses, äußerst giftig wirkendes Gas, das ein specif. Gewicht = 2,695 (Dumas) hat, widerlich ekelerregend, dem Arsenik ähnlich riecht und sich unter — 40° zu einer klaren, wasserhellen Flüssigkeit condensirt, die bei etwas höherer Temperatur wieder Gasform annimmt; beim Glühen zerlegt es sich in Wasserstoffgas und Arsenik; von Chlor, Jod, Schwefel und Salpetersäure wird es leicht zersetzt und leicht reducirbare Metalloxyde werden durch dieses Gas unter Bildung von Wasser und arseniger Säure, schwerer reducirbare unter Bildung von Wasser und Arsenikmetall reducirt, während sehr schwer reducirbare durch dasselbe gar nicht verändert werden. 5 Vol. Wasser absorbiren von diesem Gase nur 1 Vol.; von wässerigen Alkalien, Aether und Weingeist wird es nicht merklich verschluckt, dagegen reichlich von Terpentinöl und ein wenig von fettem Oel.

Mit Schwefel geht das Arsenik mehrere bestimmte Verbindungen ein und es läßt sich mit demselben in allen Verhältnissen zusammenschmelzen. Das in der Natur in zwei- und eingliederigen Krystallen sich vorfindende Realgar oder Zweifach-Schwefelarsenik (Sandarach, Rubinschwefel, Arsenikrubin, unterarseniges Sulfid, As^2S^2) läßt sich auch künstlich durch Zusammenschmelzen darstellen; es hat nach Karsten ein specif. Gewicht = 3,544, eine morgen- oder hyacinthrothe und bräunliche Farbe (das Pulver ist pomeranzengelb), ist leicht schmelzbar und destillirt in verschlossenen Gefäßen weit unter der Glühhitze unzersetzt über. Es vereinigt sich mit basischen Schwefelmetallen zu Zweifach-Schwefelarsenikmetallen, oder den Hyposulfarseniten, oder unterarsenigschwefeligen Salzen von Berzelius. — Dreifach-Schwefelarsenik oder Auripigment (gelbes Schwefelarsen, Rauschgelb, Operment, Risigallum, arseniges Sulfid von Berzelius, sulfarsenige Säure von Graham) kommt in der Natur in schönen zwei- und zweigliedrigen Krystallen vor und läßt sich künstlich auf nassem sowohl als auf trocknem Wege darstellen. Seiner Zusammensetzung nach entspricht

es der arsenigen Säure, hat eine citrongelbe Farbe, schmilzt leicht und verflüchtigt sich bei Abhaltung der Luft unzersetzt. Wenn man die Dämpfe über glühendes Eisen oder Silber leitet, so entziehen diese Metalle dem Schwefelarsenik den Schwefel und das Arsenik wird abgeschieden; dasselbe geschieht, wenn man die Dämpfe über glühenden Kalk oder ein glühendes Gemenge von Kohle und kohlensaurem Kali oder von Kohle und Kalk leitet. Dieses Schwefelarsenik bildet ebenfalls mit basischen Schwefelmetallen salzartige Verbindungen, Dreifachschwefelarsenikmetalle, Sulfarsenite oder arsenikschwefelige Salze von Berzelius; es giebt drei Reihen dieser Verbindungen, indem man 1 At. Schwefelarsenik mit 1, 2 und 3 At. eines basischen Schwefelmetalls, z. B. Schwefelkalium, verbunden erhalten kann. — Fünffach-Schwefelarsenik (Arseniksulfid von Berzelius, Sulfarseniksäure von Graham, As^2S^5) bildet sich durch Fällung einer Arseniksäure haltenden Lösung mittelst Schwefelwasserstoff oder durch Zersetzung des Natriumarseniksulfids mit Schwefelsäure. Es ist ein blaßcitrongelbes Pulver, schmilzt schwieriger als die vorige Schwefelverbindung und ist nach dem Schmelzen beim Erkalten durchsichtig, gelbroth und unkrystallinisch; in höherer Temperatur destillirt es unverändert als eine rothbraune, dickflüssige Masse über. Es verhält sich gegen basische Schwefelmetalle als Säure und bildet die Fünffach-Schwefelarsenikmetalle, oder die Sulfarseniate oder arsenikschwefeligen Salze von Berzelius, welche ebenfalls auf 1 At. Arseniksulfid entweder 1, 2 oder 3 At. des basischen Schwefelmetalls enthalten; das Natriumarseniksulfid mit 3 At. Schwefelnatrium erhält man in schönen großen, luftbeständigen Krystallen, die in der Wärme erst ihr Krystallwasser verlieren und zu einer dunkelrothen Flüssigkeit schmelzen. Wenn man eine Auflösung dieser Verbindung mit Alkohol versetzt und bis zur Hälfte der Flüssigkeit eindampft, so setzen sich beim Erkalten gelbe Krystallschuppen ab, welche zum größten Theile aus Arseniksupersulfid (As^2S^9) bestehen (Mitscherlich).

Mit Chlor, Brom, Jod, Fluor geht das Arsenik direct Verbindungen ein; das Chlorarsenik ist eine ölartige, sehr schwere Flüssigkeit, die bei — 29° noch nicht gefriert (Davy), bei 132° kocht und deren Gas ein specif. Gewicht = 6,3 hat (Dumas); schon bei gewöhnlicher Temperatur der Luft ausgesetzt, verdunstet es unter Bildung von weißen Nebeln. Bromarsenik, eine weiße, strahlig-krystallinische Masse, schmilzt schon bei 20 bis 23° zu einer durchsichtigen gelblichen Flüssigkeit, raucht in diesem Zustande schwach an der Luft und kocht bei 220°. Jodarsenik ist eine ziegelrothe krystallinische Masse, auch kleine rothe Krystalle bildend, schmilzt beim Erhitzen und destillirt über; das specif. Gewicht des Gases beträgt 15,6. Fluorarsenik ist farblos und dünnflüssig, hat ein specif. Gewicht von 2,73 und kocht bei 63°. — Gegen Metalle verhält sich das Arsenik ebenso wie der Phosphor; es geht in verschiedenen Verhältnissen Verbindungen mit ihnen ein. Durch Destillation der arsenigen Säure mit essigsaurem Kali in einem luftdichtschließenden Apparate erhielt Bunsen einen interessanten arsenikhaltigen, äußerst giftigen Stoff, das Alkarsin, welches beim unvollkommnen Zutritt der Luft in Alkargen, bei der Destillation mit Salzsäure in Chlorarsin sich verwandelt und überhaupt zur Darstellung einer großen Reihe von organischen Stoffen Veranlassung gegeben hat, die hinsichtlich ihrer Zusammensetzung wie in Betreff ihrer Eigenschaften gleich interessant sind.

Die Auffindung des Arseniks hat, wenn dasselbe nicht in zu geringer

Menge vorhanden ist, keine bedeutenden Schwierigkeiten; die Gegenwart desselben giebt sich durch den citrongelben Niederschlag mit Schwefelwasserstoff, durch den Metallbeschlag, der sich von einer Stelle der Glasröhre an die andere verflüchtigen läßt, und besonders durch den charakteristischen knoblauchartigen Geruch zu erkennen, welchen es bei der Reduction aus seinen Verbindungen verbreitet. Man bildet in den Auflösungen gewöhnlich zuerst Schwefelmetall, welches man mittelst Kohle und kohlensauren Natrons oder durch oxalsauren Kalk reducirt, um den Metallspiegel und den charakteristischen Geruch zu erhalten. Auch kann man die folgende Methode mit Vortheil anwenden: man wirft in die saure Auflösung der zu prüfenden Substanz etwas Zink, wodurch, wenn Arsenik zugegen ist, bei dem Erwärmen der Flüssigkeit die Entwickelung von Arsenikwasserstoffgas bewirkt wird; leitet man dieses Gas durch eine glühende Glasröhre, so setzt sich in dieser ein Spiegel von flüchtigem Metall, welches Verhalten das Antimon bei einem ähnlichen Verhalten auch zeigt, nur daß dieses weniger flüchtig und auch heller von Farbe ist als das Arsenik und nicht dessen eigenthümlichen Geruch besitzt (Marsh). Die Auffindung des Arseniks kann nur bei Gegenwart organischer Substanzen, also bei gewöhnlichen gerichtlich-chemischen Prüfungen auf Arsenik mit Schwierigkeiten verbunden sein; gewöhnlich muß man diese organischen Substanzen erst zerstören, entweder durch Kochen mit Salpetersäure, oder mit Chlor und endlich mittelst Salpeter, wobei man keine zu starke Hitze anwenden darf, weil sonst leicht ein Theil des Arseniks sich verflüchtigen könnte; hierauf fällt man mittelst Schwefelwasserstoffs und behandelt den Niederschlag wie so eben angeführt wurde. Namentlich wenn der durch Schwefelwasserstoff gebildete Niederschlag nur eine geringe Menge ausmacht, kann man denselben in Ammoniak auflösen, zu dieser Auflösung etwas Chlorcalcium setzen, das Ganze zur Trockenheit eindampfen und glühen, wodurch man arseniksauren Kalk erhält, aus welchem sich das Arsenik mittelst oxalsauren Kalks leicht reduciren läßt. Bei Vergiftungsfällen kann man im Allgemeinen die folgende Methode anwenden: die zu untersuchende Substanz wird durch Kochen mit schwacher Kalilösung aufgelöst, durch Baumwollenzeug filtrirt, und zu dieser Flüssigkeit reine Salzsäure im Ueberschuß und Chlorcalcium zugesetzt; die hierdurch coagulirten organischen Stoffe trennt man mittelst feuchten Auspressens durch ein Tuch und filtrirt die Flüssigkeit nochmals durch Papier, reducirt die gebildete Arseniksäure mittelst schwefeliger Säure zu arseniger Säure, kocht bis die schwefelige Säure völlig entwichen ist, fällt mit Schwefelwasserstoff, filtrirt nach 24 Stunden den gebildeten Niederschlag von der Flüssigkeit ab und behandelt diesen, wie oben angegeben ist. — Bei quantitativen Untersuchungen muß man das durch Schwefelwasserstoff gefällte Schwefelarsenik, wegen des variirenden Schwefelgehalts desselben, durch Oxydation mit Salpetersäure auflösen oder besser und bequemer nach dem Auflösen in Ammoniak durch chlorigsaures Natron oxydiren und die gebildete Schwefelsäure durch Barytlösung fällen und aus dem gewogenen Niederschlage die Menge des vorhanden gewesenen Schwefels berechnen. Das Arsenik gehört hinsichtlich seines Verhaltens gegen Reagentien mit dem Zinn und Antimon in eine und dieselbe Classe, indem es wie diese aus sauren Auflösungen durch Schwefelwasserstoff als Schwefelmetall gefällt wird, welches in Schwefelwasserstoff-Ammoniak sich wieder auflöst; durch dieses Verhalten ist es also mit Leichtigkeit von andern Elementar-Körpern, die jene Eigenschaft nicht besitzen, zu trennen, während die vollständige Abscheidung desselben von Zinn

und Antimon allerdings mit einigen Schwierigkeiten verbunden ist, auf welche wir bereits in dem Artikel Analyse bei Gelegenheit der Darstellung der analytischen Untersuchung des Fahlerzes aufmerksam gemacht haben. E. W.

Artesische Brunnen, s. Quellen.

Asbest ist ein, seiner chemischen Zusammensetzung nach, der Gattung der Hornblende angehörendes Mineral, das durch seine faserige Structur sich auszeichnet, weiß, grau, grün, braun oder anders gefärbt auftritt, ein specif. Gewicht = 2,5 bis 2,9 hat und vor dem Löthrohr zuweilen ziemlich leicht, oft aber auch äußerst schwer sich schmelzen läßt. Seine Unzerstörbarkeit in dem gewöhnlichen Kohlenfeuer, woher auch sein Name (von ἄσβεστος, unauslöschlich), hat Veranlassung gegeben, seine gerad- und feinfaserigen Varietäten, wie namentlich den Amianth, zu feuerfesten Zeugen zu verarbeiten; die Alten schon verfertigten diese Zeuge, in welche die Reicheren ihre Todten einhüllten, damit nach dem Verbrennen derselben deren Asche nicht mit andern Stoffen verunreinigt würde. Man bedient sich des Asbestes außerdem zu Lampendochten, ferner bei Herstellung chemischer Feuerzeuge, weil es von concentrirter rauchender Schwefelsäure nicht angegriffen wird, aus welchem Grunde dasselbe auch bei verschiedenen chemischen Operationen, namentlich um sehr starke Säuren oder ätzende Flüssigkeiten durch dasselbe zu filtriren, angewendet wird, ähnlich wie man hierzu auch den Bimsstein zu benutzen pflegt. Der sogenannte Holzasbest, der Bergkork 2c. sind Abänderungen dieses Minerals. E. W.

Aspecten (v. d. lat. aspectus, Anblick) wurden von den Astronomen und Astrologen des Alterthums die wichtigsten, von der Erde aus betrachteten scheinbaren Stellungen der Sonne, des Mondes und der Planeten gegen einander oder gegen die Fixsterne erster und zweiter Größe genannt. Aus den Aspecten vorzüglich wahrsagten die Sterndeuter den Menschen ihr Schicksal. Mit der Sterndeutekunst ist aber auch das Ansehen der Aspecten gesunken, von denen in der Astronomie jetzt nur noch die Zusammenkunft oder Conjunction (☌), der Gegenschein oder die Opposition (☍) und der Geviertschein oder die Quadratur (□), sehr wenig aber der Gedrittschein (△) und der Sextilschein (*) im Gebrauch sind. J.

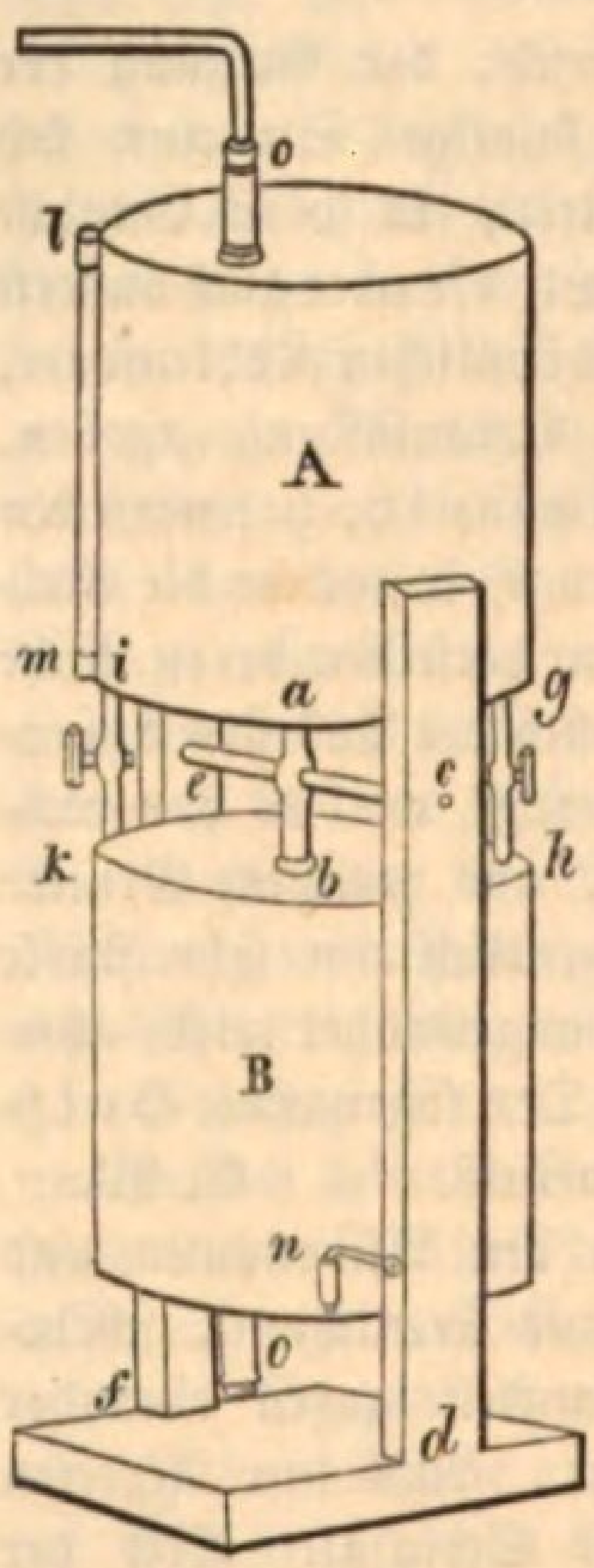
Asphalt, auch Erdpech, Judenpech genannt, ist eine bituminöse Substanz, die in manchen Gegenden in großer Menge sich vorfindet und wahrscheinlich mit Kohlenablagerungen in Verbindung steht, aus welchen es vermittelst heißer Quellen oder in Folge einer Art von Destillation an die Oberfläche gebracht worden sein mag; es schmilzt bei etwa 100°, hat ein specif. Gewicht = 1,07 bis 1,65, einen glänzenden, muschligen Bruch, brennt mit leuchtender und stark rußender Flamme und Hinterlassung einer geringen Menge erdiger Substanzen. Bei der trocknen Destillation wird es zersetzt. Er wird, mit Sand oder Steinen gemengt, hauptsächlich zu Dächern und Trottoirs, wie auch zum Straßen- und Brückenpflaster verwendet. E. W.

Aspirator (v. d. lat. adspirare anblasen), hat C. Brunner *) ein von ihm angegebenes Instrument genannt, welches dazu dient, einen andauernden Luftzug hervorzubringen, um mittelst desselben quantitative und qualitative Prüfungen der Luft vorzunehmen. Man kann sich desselben zu eudiometrischen und hygrometrischen Versuchen zu Bestimmung der in der Atmosphäre enthaltenen Substanzen,

*) Pogg. Ann. Bd. XXXVIII. S. 265.

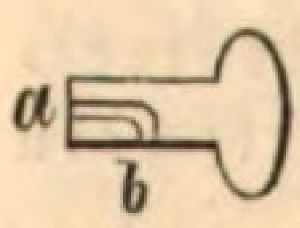
als Abdampfungs-, Sublimations-, Trocknungs- und Verbrennungsapparates ꝛc. bedienen. Die ihm von Brunner gegebene Einrichtung ist folgende:

I.



A und B Fig. I. sind zwei gleich große cylindrische Gefäße von Blech, jedes von ungefähr $^3/_4$ bis 1 Cubikfuß Inhalt, oben und unten mit einem Boden geschlossen. Durch eine eiserne Stange a b, welche in den Mittelpunkten der beiden einander zugekehrten Boden befestigt ist, sind dieselben in der Art verbunden, daß sie ungefähr 6 Zoll weit von einander entfernt gehalten werden. Diese Stange hat in ihrer Mitte eine senkrecht auf ihre Richtung befestigte Querstange c e, welche als Axe in den beiden hölzernen Trägern c d, e f sich drehen läßt, so daß nach Belieben das eine oder das andere Gefäß die obere Stelle einnehmen kann. Beide Gefäße sind überdies durch zwei Röhren g h, i k mit einander verbunden, die in ihrer Mitte mit Hähnen versehen sind. Der eine dieser Hähne ist ein gewöhnlicher, der andere ist so gebohrt, wie es Fig. II. zeigt, wo a b den Luftkanal andeutet. Beide Gefäße tragen eine kurze Messingröhre o, welche an einer Seite des Randes angebracht ist und mit einem Korke geschlossen werden kann. Diese Oeffnungen sind bei beiden Gefäßen auf dem nämlichen Punkte angebracht, so daß sie beim Umdrehen des Apparates um seine Axe immer an die nämliche Stelle kommen, und haben auch genau die nämliche Weite. Endlich ist an dem einen Gefäß der ganzen Länge nach eine Glasröhre angebracht, durch welche der Wasserstand im Innern beobachtet werden kann. Der Gebrauch des Instrumentes leuchtet von selbst ein. Ist nämlich das obere Gefäß mit Wasser gefüllt und öffnet man die Hähne so, daß durch den einen das Wasser aus dem obern in den untern Behälter abfließt, während die in dem unteren enthaltene Luft durch den eben beschriebenen Hahn ausströmt, so wird die Atmosphäre den Raum im oberen Gefäße zu erfüllen streben und durch die Oeffnung o einströmen. Hier wird also der Apparat anzubringen sein, der die Substanz enthält, auf welche die Luft einwirken soll, entweder in einer Wulffe'schen Flasche oder in einer Röhre ꝛc. Ist das Wasser abgeflossen, so darf nur o geschlossen und der Apparat um seine Axe gedreht werden, um die Operation von Neuem zu beginnen. Um das Gefäß in seiner Lage festzuhalten, ist an dem hölzernen Träger unten ein eiserner Haken angebracht, welcher in eine an dem unteren Behälter angelöthete Hülse (n) eingesetzt wird.

II.

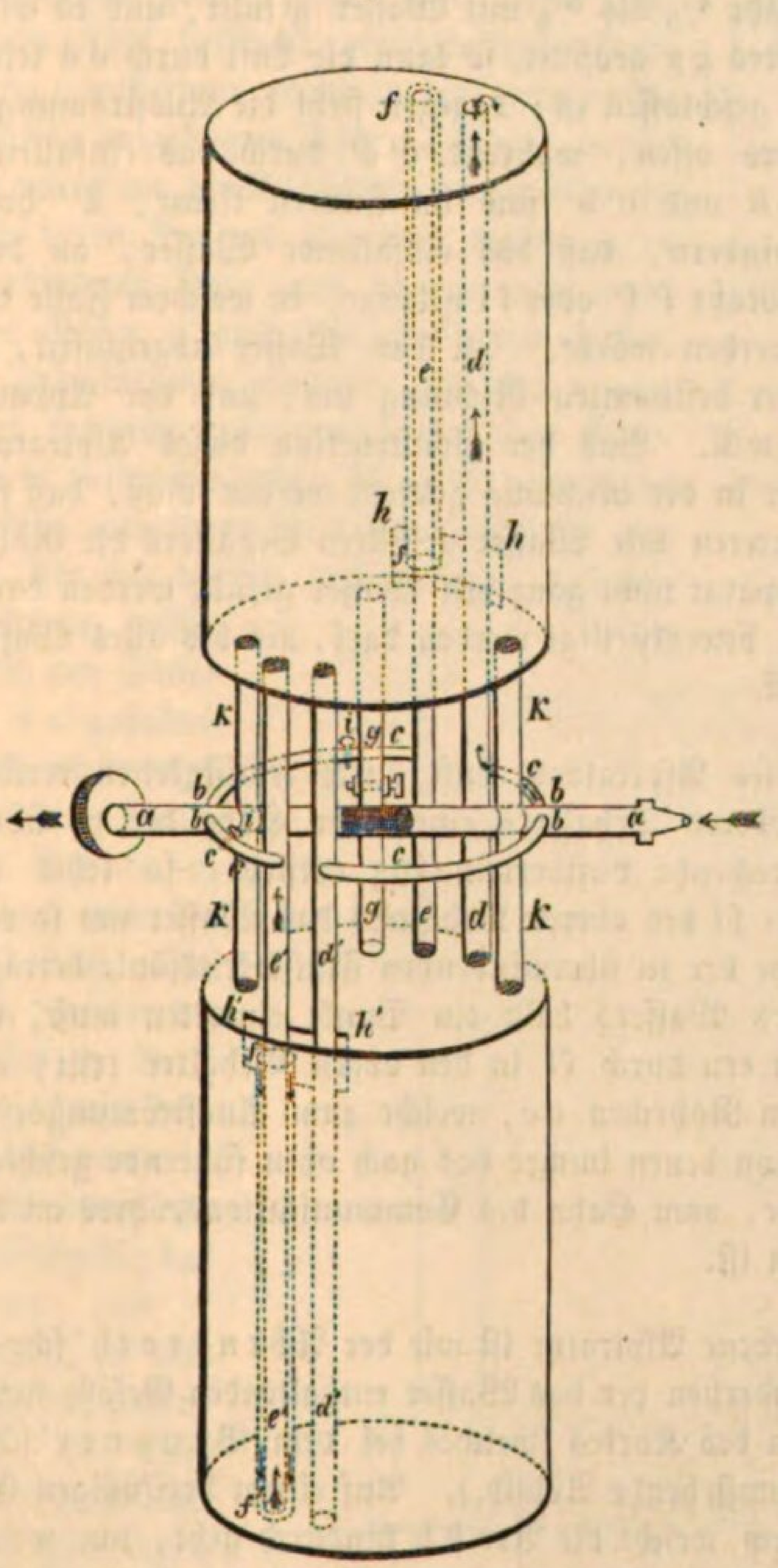


Vor der jedesmaligen Umdrehung des Brunner'schen Instrumentes muß das Verbindungsrohr bei o aufgebunden werden. Dies ist bei längeren Arbeiten mit Unzuträglichkeiten verknüpft, welche Abendroth *) veranlaßt haben, dem Aspirator eine etwas veränderte Einrichtung zu geben.

---

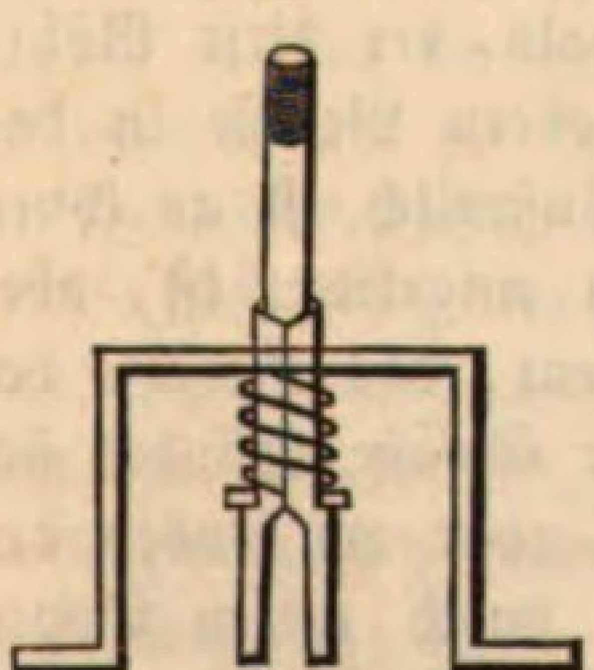
*) Pogg. Ann. Bd. LIII. S. 617.

I.



In der nebenstehenden Zeichnung Fig. I., welche zur leichteren Anschauung ohne Stativ gezeichnet ist, erkennt man die Axe sogleich in der, zwischen beiden Behältern horizontal durchgehenden Röhre a a. Abendroth bediente sich eines Pistolenlaufes, welchen er in der Mitte mit Blei ausgoß und rund drehen ließ. An dem einen Ende dieser Axe befindet sich ein messingner Zapfen, welcher in die Fig. II. besonders gezeichnete Zapfenmutter eingeschmirgelt ist und sich darin leicht luftdicht drehen läßt. Diese Zapfenmutter ist erst durch ein viereckiges Stück und dann durch ein rundes verlängert; über den viereckigen Theil paßt ein Sattel, welcher an das Stativ geschraubt wird, bei der Drehung des Apparates die Zapfenmutter festhält und mittelst der Spirale gegen den Zapfen drückt. An der runden Verlängerung werden die Röhren befestigt, durch welche der Luftstrom gesogen werden soll. An dem andern Ende der Axe befindet sich ein eisernes Zahnrad, welches nur die Drehung nach einer Richtung zuläßt und bei kleinen Behältern zugleich zum Festhalten dienen kann. Die Axe ist zunächst durch Stäbe oder Röhren k k mit den beiden Behältern verbunden; an den Verbindungsstellen b b aber ist sie an beiden Enden doppelt durchbohrt, indem von hier aus die Communication mit den Behältern durch enge, $^1/_4$ Zoll weite Röhrchen c c stattfindet. In die Behälter führen in gleicher Entfernung von beiden Enden der Axe, möglichst nahe der Peripherie, zwei Röhren auf jeder Seite, von denen eine, d d, mit dem Einströmungsende der Axe, die andere, e e, mit dem Ausströmungsende derselben dnrch die Röhren c c verbunden ist. Beide Röhren gehen durch die Behälter bis 1 Zoll von dem Boden derselben; die mit dem Ausströmungsende verbundenen Röhren e e, e′ e′ aber stecken in anderen f f, f′ f′, welche ihnen vom Boden der Behälter entge-

II.



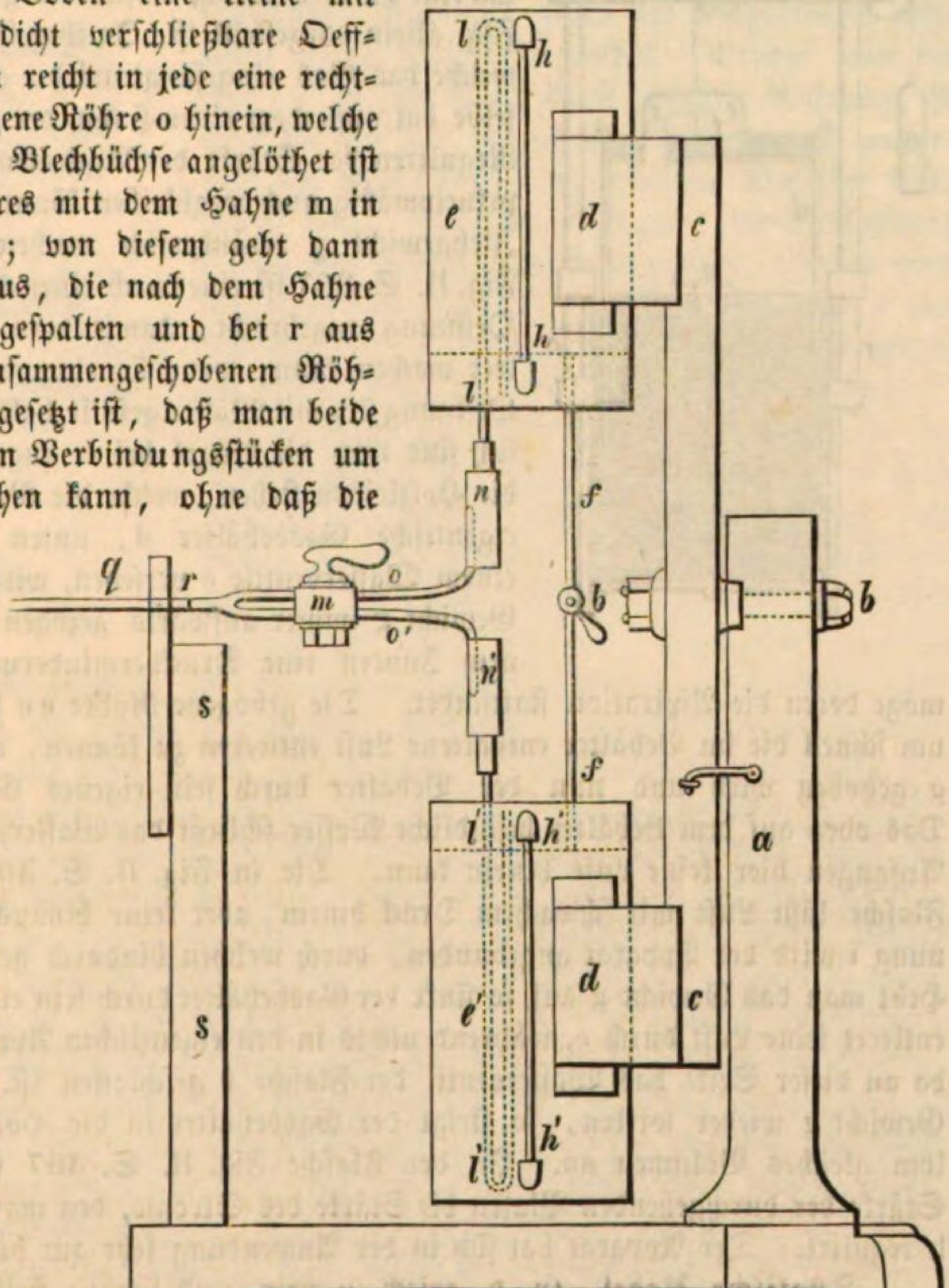
gen kommen und sie bis einen Zoll vom Deckel des Behälters umschließen. Ist nun das obere Behältniß zu ungefähr $^4/_5$ bis $^5/_6$ mit Wasser gefüllt, und es wird der Hahn des Communicationsrohres g g geöffnet, so kann die Luft durch d d leicht einströmen, während e e durch f f geschlossen ist; dagegen steht die Ausströmungsöffnung e′ e′ des untern Behälters offen, während d′ d′ durch das einfallende Wasser geschlossen wird. Bei h h und h′ h′ sind im Innern kleine, 2″ hohe Schirme angebracht, welche verhindern, daß das einfallende Wasser, an dem Deckel herablaufend, nicht in das Rohr f′ f′ oder f f gelange, in welchem Falle der Gang des Apparates gehemmt werden würde. Ist das Wasser abgelaufen, so dreht man ihn ohne Weiteres in der bestimmten Richtung um, und der Apparat wiederholt sein Spiel so oft man will. Aus der Construction dieses Aspirators ersieht man, 1) daß derselbe immer in der Richtung gedreht werden muß, daß sich bei horizontaler Stellung des unteren mit Wasser gefüllten Behälters die Röhre d d entleeren kann; 2) daß der Apparat nicht ganz mit Wasser gefüllt werden darf; 3) daß die Umdrehung nie eher bewerkstelligt werden darf, als bis alles Wasser des oberen Behälters abgelaufen ist.

Wenn man mit Hülfe dieses Aspirators Luft durch Flüssigkeiten treiben will, wo also im Innern des oberen Behälters eine, der Höhe der zu überwindenden Flüssigkeitssäule entsprechende Luftverdünnung entsteht, so lehrt die Hydrostatik, daß auch in der Röhre f f des oberen Behälters das Wasser um so viel niedriger stehen muß, als die Höhe der zu überwindenden Flüssigkeitssäule beträgt, und daß mithin beim Ablaufen des Wassers bald ein Punkt eintreten muß, wo die Luft nicht mehr durch d d, sondern durch f f in den obern Behälter tritt; um dies zu verhindern, sind an beiden Röhrchen c c, welche zum Ausströmungsende führen, Hähnchen i i angebracht, von denen immer das nach oben führende geschlossen wird, wo dann die ganze Höhe, vom Hahn des Communicationsrohres an bis zum Niveau des Wassers, wirksam ist.

Der von **Bolley** *) angegebene Aspirator ist wie der **Abendroth**'sche so eingerichtet, daß das bei jedem Umdrehen der das Wasser enthaltenden Gefäße nothwendige Lösen und neue Einpassen des Korkes (welches bei dem **Brunner**'schen Apparate nöthig ist) wegfällt (s. umstehende Abbild.). Auf einem dreifüßigen Gestelle erhebt sich die Säule a, durch welche die Axe b b hindurch geht, um welche die Stange c c gedreht werden kann. Diese Stange hält mit den Doppelbacken d d die beiden Wassergefäße e und e; diese luftdicht geschlossenen Gefäße stehen durch die Röhre f f mit einander in Verbindung. Sobald der diese Röhre schließende Hahn geöffnet ist, kann sich das Wasser aus dem obern Gefäße in das untere ergießen; beide Gefäße sind ganz gleich eingerichtet: äußerlich ist an ihnen eine Glasröhre h h zu sehen, welche oben und unten luftdicht eingekittet ist, aber mit dem Innern des Gefäßes in Verbindung steht; sie dient, das Niveau des Wassers im Gefäß zu beobachten. Im Innern jedes dieser Gefäße befindet sich eine heberförmig gekrümmte Röhre, deren kurzer Schenkel nahe am Boden des Gefäßes mündet, während ihr langer Schenkel luftdicht durch diesen Boden in die Blechbüchse n geht, in welche er mit Hülfe eines Korkes luftdicht eingeführt

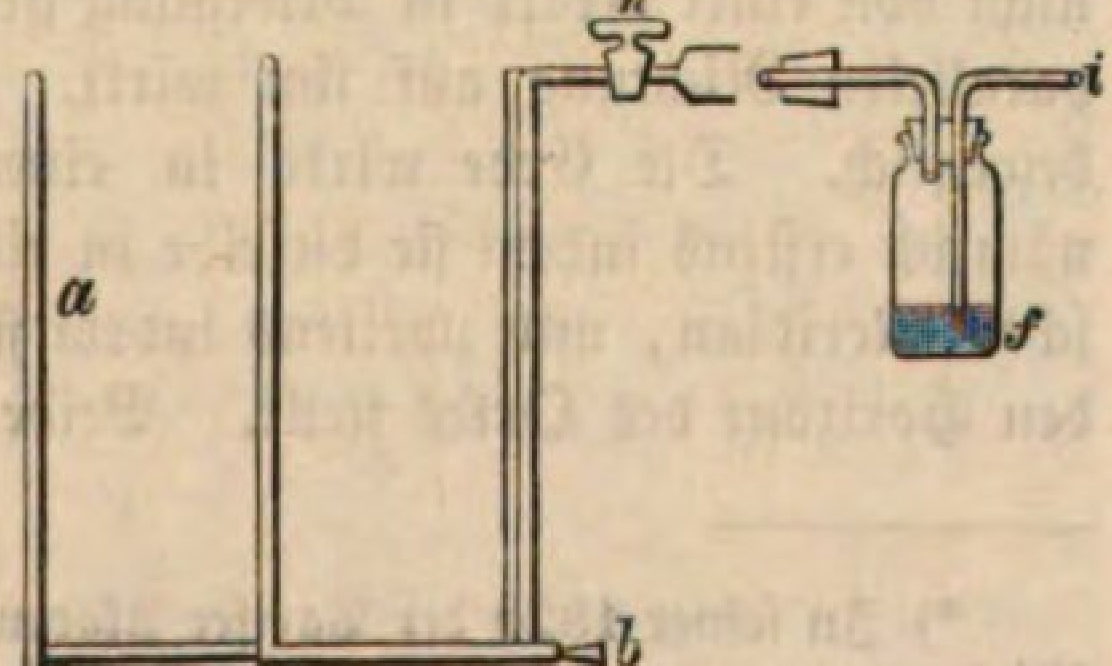
*) Annalen der Chemie und Pharm. Bd. XLI. S. 322.

I.



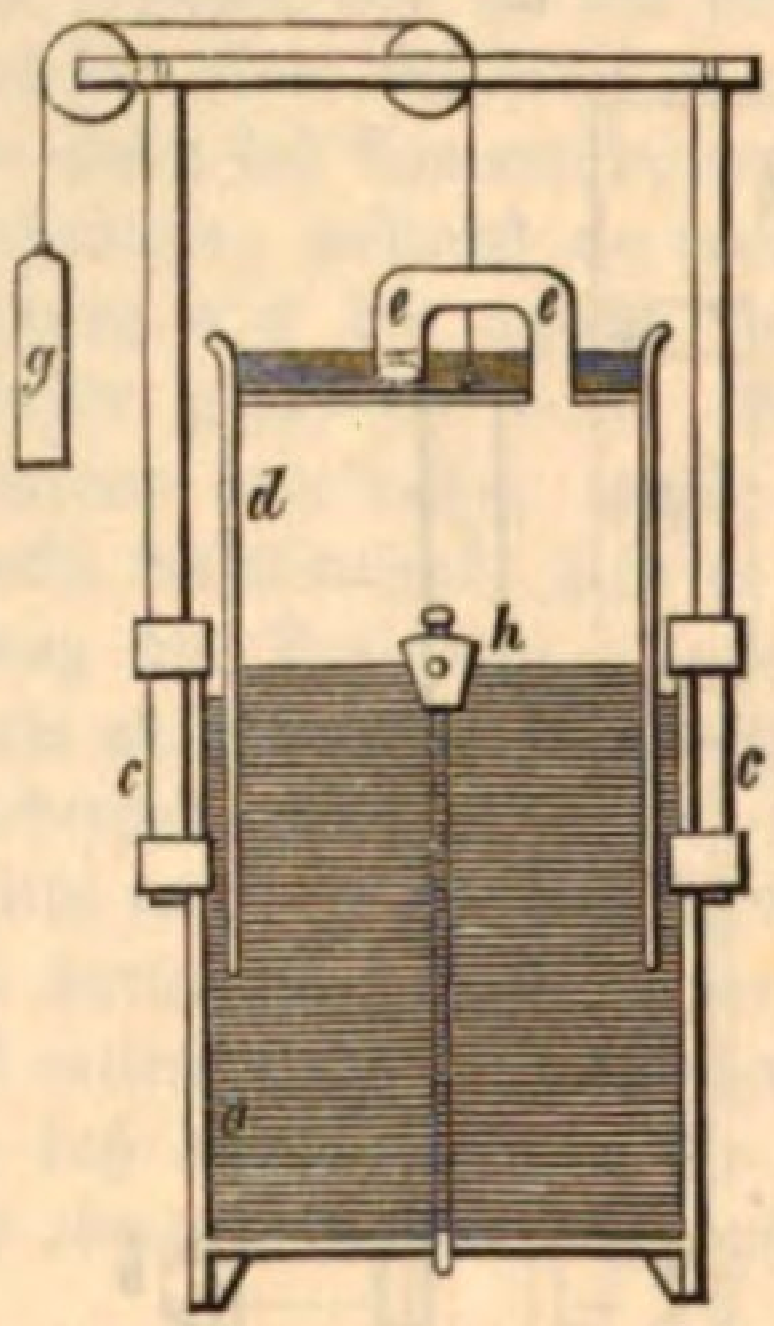
ist. Die Blechbüchsen n haben auf dem entgegengesetzten Boden eine kleine mit einem Kork luftdicht verschließbare Oeffnung; außerdem reicht in jede eine rechtwinklig umgebogene Röhre o hinein, welche seitwärts an die Blechbüchse angelöthet ist und deren Inneres mit dem Hahne m in Verbindung setzt; von diesem geht dann eine Röhre q aus, die nach dem Hahne zu gabelförmig gespalten und bei r aus zwei luftdicht zusammengeschobenen Röhren so zusammengesetzt ist, daß man beide Gefäße mit ihren Verbindungsstücken um die Axe b b drehen kann, ohne daß die Röhre q, welche durch den Ständer s s gehalten wird, sich bewegt. Die Einrichtung des Hahnes m ist nun von der Art, daß, während derselbe die Röhre q durch o, n, l mit dem Innern von e in Verbindung setzt, er gleichzeitig das Innere von e′ durch l′, n′ und o′ mit der äußern Luft in Verbindung bringt. Wird nun von q der Apparat, durch welchen Luft geführt werden soll, angebracht, so braucht man nur die Glasröhren h h im Auge zu behalten, um die Veränderung des Wasserniveaus in den Gefäßen zu kennen und zur rechten Zeit die Gefäße umzuwenden, um den erforderlichen Luftstrom ununterbrochen zu erhalten. Es könnte auch noch eine mechanische Vorrichtung angebracht werden, welche diese Umdrehung rechtzeitig besorgte.

II.



Einen durch Einfachheit und Leichtigkeit der Herstellung, sowie durch leichte Handhabung sich auszeichnenden Aspirator hat Mohn*) angegeben. a ist das untere mit

*) Pogg. Ann. Bd. LIX. S. 136.



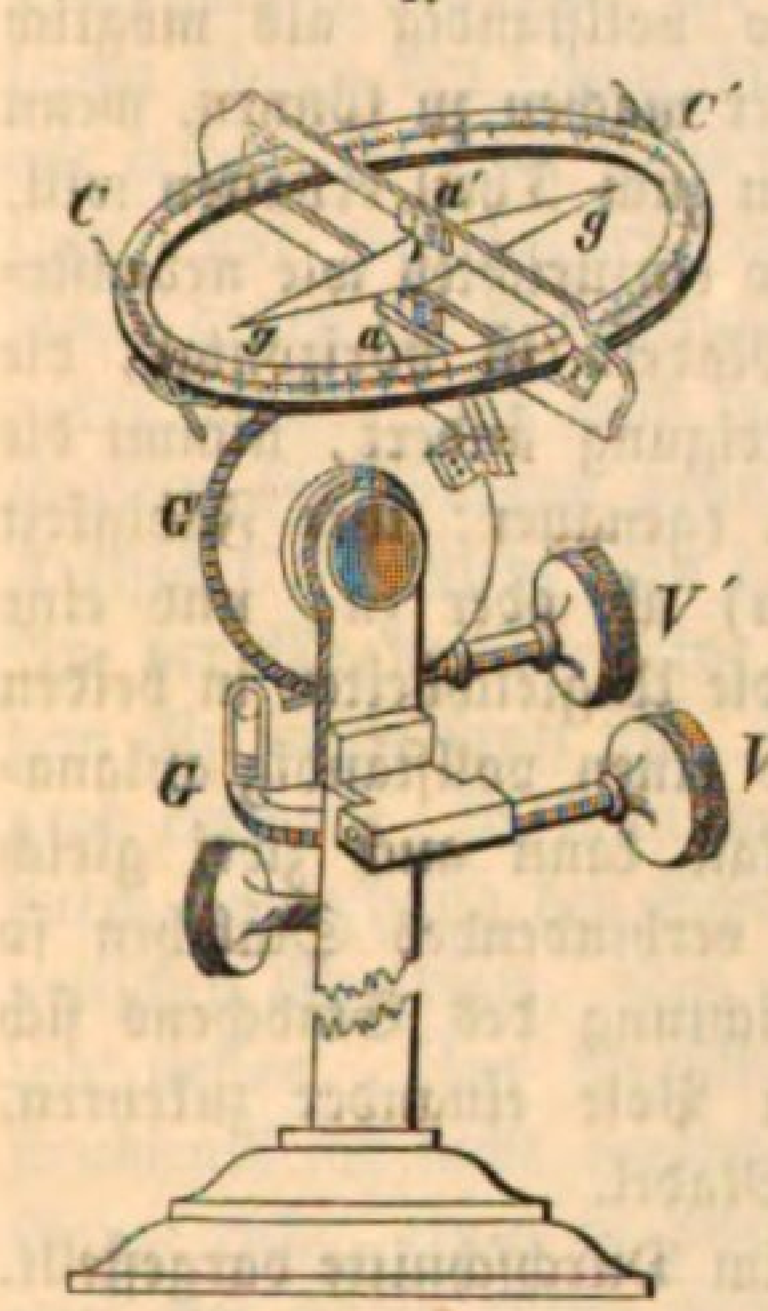
Wasser gefüllte Gefäß, welches in Fig. II. S. 367 um eine halbe Drehung verschieden gegen nebenstehende Fig. allein dargestellt ist. In ihm ist die Röhre, durch welche das Gas eingesaugt wird, angebracht. Dieselbe hat außerdem einen Hahn, der übrigens nur zum Reguliren der Stärke der Aspiration dient und also principmäßig auch wegbleiben könnte, wenn man das Ziehgewicht g veränderlich machen wollte. Bei b Fig. II. S. 367 ist eine durch einen Kork verschließbare Oeffnung angebracht, damit man die Röhre leicht leer machen kann, wenn sie einmal durch die innere Oeffnung sich mit Wasser gefüllt haben sollte. Aeußerlich sind noch die Bügel bei c angebracht, in denen die Holzleisten stehen, welche die Rollen tragen. Der eigentliche Gasbehälter d, unten offen, oben mit einem Wasserventile e versehen, wird durch das starke Gewicht g immer aufwärts gezogen, wodurch in seinem Innern eine Druckverminderung entsteht, vermöge deren die Aspiration stattfindet. Die gebogene Röhre e e ist zwei Zoll weit, um schnell die im Behälter enthaltene Luft entleeren zu können, wenn das Gewicht g gehoben wird und nun der Behälter durch sein eigenes Gewicht herabsinkt. Das oben auf dem Behälter befindliche Wasser schließt das Wasserventil, so daß beim Ansaugen hier keine Luft hinein kann. Die in Fig. II. S. 367 befestigte kleine Flasche läßt Luft mit schwachem Druck hinein, aber keine hinaus. An die Oeffnung i wird der Apparat angebunden, durch welchen hindurch gesaugt werden soll. Hebt man das Gewicht g auf, so sinkt der Gasbehälter durch sein eigenes Gewicht und entleert seine Luft durch e, während nichts in den eigentlichen Apparat hinein kann, da an dieser Seite das Wasserventil der Flasche f geschlossen ist. Läßt man das Gewicht g wieder wirken, so steigt der Gasbehälter in die Höhe und saugt ein ihm gleiches Volumen an. In der Flasche Fig. II. S. 367 sieht man an der Stärke der durchgehenden Blasen die Stärke des Stroms, den man durch den Hahn h regulirt. Der Apparat hat sich in der Anwendung sehr gut bewährt.

Astatische Nadel, (v. d. griech. α priv. und ἵστημι stellen) nannte zuerst Ampère eine Magnetnadel, der er eine solche Einrichtung gab, daß sie dem richtenden Einflusse des Erdmagnetismus entzogen war, damit man an ihr die richtende Kraft elektrischer Ströme beobachten konnte. Der von Ampère *) angegebene Apparat gründet sich auf den Satz, daß ein um eine Axe beweglicher Körper nicht von einer Kraft in Bewegung gesetzt werden kann, welche in einer der Axe parallelen Richtung auf ihn wirkt. Die Magnetnadel g g ist um die Axe a a' beweglich. Die Erde wirkt in einem zweifachen Sinne auf die Magnetnadel, nämlich erstens indem sie dieselbe in eine bestimmte Richtung gegen den geographischen Meridian, und zweitens indem sie dieselbe in eine bestimmte Richtung gegen den Horizont des Ortes stellt. Beide Wirkungen vereinigen sich aber so, daß sie

---

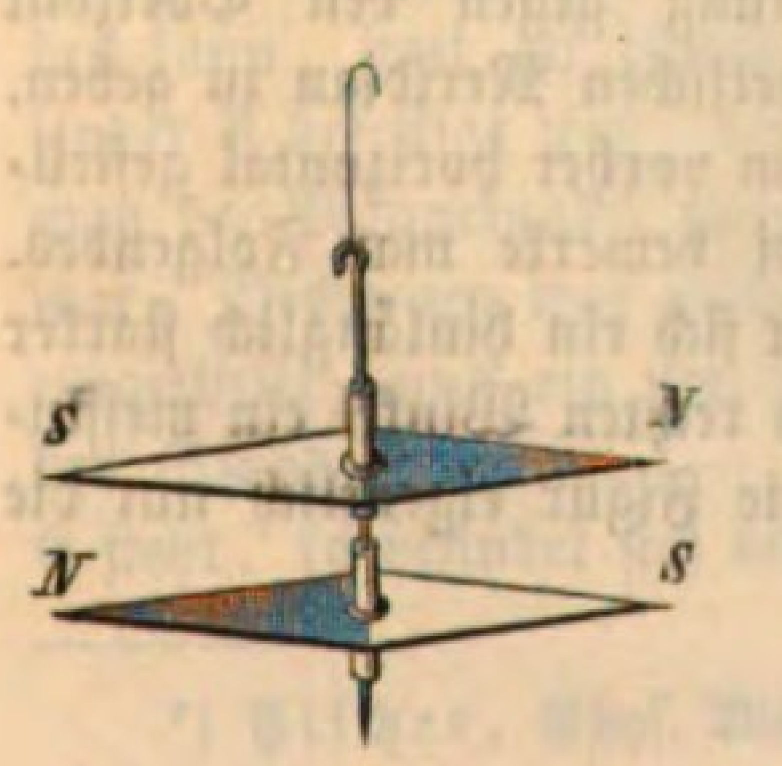
*) In seiner 1820 der Pariser Akademie vorgelegten Abhandlung über die gegenseitigen Wirkungen zweier elektrischer Ströme, eines elektrischen Stromes und eines Magneten ꝛc. S. Gilb. Ann. Bd. LXVII. S. 140.

I.

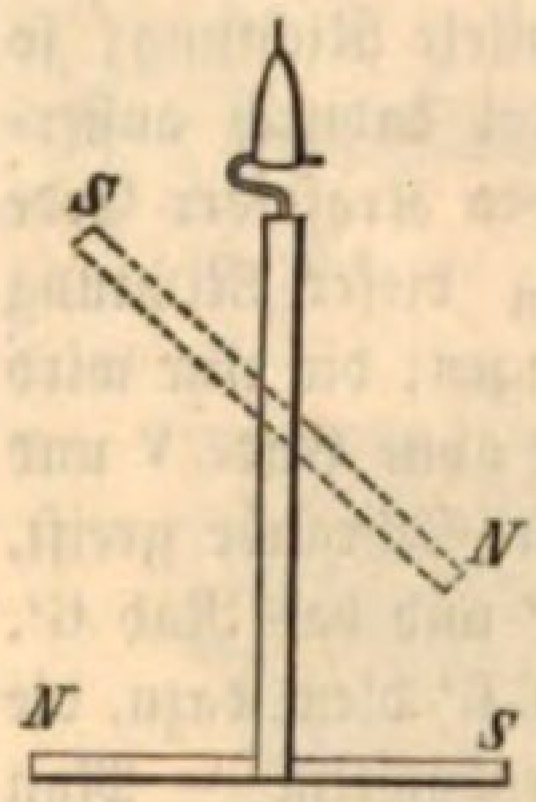


zusammen als eine (mittlere — resultirende) in bestimmter Richtung gegen die Magnetnadel wirkende Kraft vorgestellt werden. Bringt man die Axe a a' in eine dieser Kraft parallele Richtung, so wird die um a a' bewegliche Nadel dadurch außerhalb des Einflusses der magnetischen Kraft der Erde gesetzt sein. Zu Hervorbringung dieser Richtung dienen zwei rechtwinklige Bewegungen; die eine wird hervorgebracht durch die Schraube ohne Ende V und das Rad G, in dessen Zähne die Schraube greift, die andere durch die Schraube V' und das Rad G'. Der in Grade eingetheilte Kreis C C' dient dazu, die Stellungen der Magnetnadel zu beobachten. — Man kann eine astatische Nadel auch noch durch eine andere Art, den Einfluß des Erdmagnetismus aufzuheben, herstellen. Man läßt nämlich eine andere magnetische Kraft auf die Magnetnadel wirken, welche der der Erde gleich ist, aber im entgegengesetzten Sinne auf die Nadel wirkt. Hierzu muß man sich eines Magnetstabes bedienen, der eine hinlänglich große Kraft besitzt, um aus einer im Verhältniß gegen die Dimensionen der Nadel sehr großen Entfernung auf dieselbe ebenso stark wie der Erdmagnetismus zu wirken. Man bringt den Magnetstab in die Ebene des magnetischen Meridianes, stellt ihn parallel derjenigen Richtung, in welche sich die Nadel im Zustande des Gleichgewichtes stellen würde, und kehrt gegen die Nadel seinen abstoßenden Pol, nämlich seinen Nordpol, wenn er sich auf der nördlichen Seite der Nadel befindet, seinen Südpol, wenn auf der südlichen Seite. Bei einer zu geringen Entfernung ist der Magnet mächtiger als die Erde, er bewirkt daher, daß sich die Nadel umdreht, und erhält sie in dieser umgekehrten Stellung; bei einer zu großen Entfernung ist die Erde mächtiger als der Magnetstab und die Nadel beharrt in ihrer natürlichen Stellung; bei einer bestimmten mittleren Entfernung endlich findet Compensation (Ausgleichung des Einflusses der Erde) statt, und die Nadel nimmt jede ihr beliebig mitgetheilte Stellung an, ohne in ihre natürliche Stellung durch Oscillationen zurückzugehen. Die völlige Compensation wird aber nur dann hervorgebracht werden können, wenn der Magnetstab mit gleicher Mächtigkeit gegen beide Pole der Nadel wirkt, weil auch die Erde gegen beide Pole gleichen Einfluß ausübt, daher wird der Magnetstab in eine im Verhältniß gegen die Dimensionen der Nadel sehr große Entfernung gestellt werden müssen. Endlich giebt es noch ein einfacheres und directeres Mittel zur Herstellung eines astatischen Apparates. Man befestige zwei Magnetnadeln an eine und dieselbe Axe, so daß der Nordpol der einen unter den Südpol der andern zu liegen kommt. Die Figur stellt ein solches astatisches System zweier Nadeln dar, deren gemeinschaftliche Axe die Drehungsaxe ist. Die beiden Nadeln müssen in Bezug auf Form und Vertheilung des Magnetismus durchaus identisch sein, sie müssen genau Ende gegen Ende gestellt sein und die Drehungsaxe muß senkrecht auf

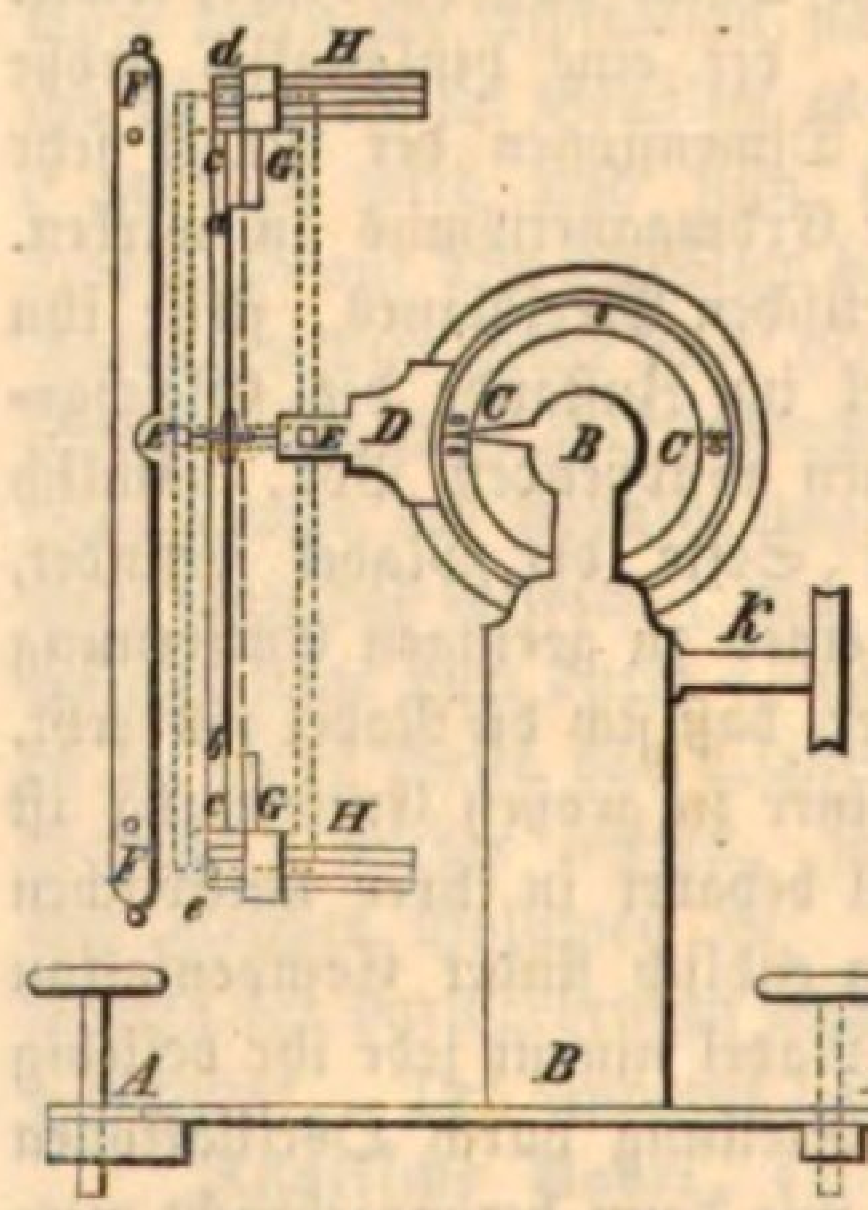
II.



ihrer Länge stehen. Die Compensation ist schon ziemlich genau, wenn die Nadeln auch noch merklich verschieden sind, um jedoch jene so vollständig als möglich und die richtende Kraft nach Belieben größer oder geringer machen zu können, wenn man sie dem System beider Nadeln zum Theil erhalten will, pflegt Pouillet den Apparat so einzurichten wie nebenstehende Fig. zeigt. Die eine der Nadeln ist horizontal, die andere geneigt. Wie sich diese Neigung ändert, nimmt die richtende Kraft der Magnetnadeln (genauer: ihre Fähigkeit von der Erde gerichtet zu werden) ab oder zu, und eine geringe Neigung wird hinreichen, die Ungleichheiten in beiden Nadeln unschädlich zu machen und einen vollständig aplanatischen Apparat herzustellen. Man kann auch zwei gleich starke Magnetnadeln auf ein sie verbindendes Stäbchen so befestigen, daß sie beide in der Richtung des Stäbchens sich befinden und zwei ihrer beiden einander gleichnamigen Pole einander zukehren. Man balancirt dann die Combination wie eine einfache Nadel.



Die astatische Nadel von G. G. Schmidt *) ist im Durchschnitte dargestellt. Sie ist eine Abänderung des Apparates von Ampère und dient namentlich auch zur Darstellung der Wirkung eines elektrischen Stromes auf die Magnetnadel. Die kreisförmige Scheibe A A von Messing, welche zum Fußgestelle dient, ruht auf drei messingenen Stellschrauben, damit man sie vermöge einer aufgesetzten Libelle horizontal stellen könne. Aus der Mitte derselben erhebt sich, als Träger, ein schmales Parallelepipedum B B, das sich oben in zwei Backen endigt, die ein Charnier bilden, um dessen Mittelpunkt die an ihrem Rande gezahnte runde Scheibe C C durch die Schraube ohne Ende K herumgetrieben werden kann. Die eine Seitenfläche der drehbaren Scheibe C C ist wenigstens zur Hälfte gehörig in Grade eingetheilt, und ein an dem Charnier befestigter Zeiger giebt die Stellung der Scheibe an. Ist diese auf 90°, wie die Figur annimmt, so befindet sich die Axe E E der Magnetnadel a b in einer horizontalen Lage; steht dagegen der Zeiger auf 0, so steht die Axe der Magnetnadel vertical, und die Nadel selbst bewegt sich dann in einer horizontalen Ebene. Auf ähnliche Art kann man der Axe der Magnetnadel jede beliebige Stellung gegen den Horizont geben. Um ihr jede beliebige Stellung gegen den magnetischen Meridian zu geben, darf man nur das Fußgestelle des Instrumentes auf einem vorher horizontal gestellten Kreisbrete oder Meßtische sanft umdrehen. Dabei bemerke man Folgendes. In der verlängerten Ebene des Charniers C C befindet sich ein hinlänglich starker Träger D, und quer durch denselben geht unter einem rechten Winkel ein messingener Rahmen E E. Von diesem Rahmenstücke zeigt die Figur eigentlich nur die



*) Gilb. Ann. Bd. LXX. S. 244.

Querschnitte bei E,E; zur bessern Erläuterung aber hat man durch die fein punktirten Linien den Längendurchschnitt des Rahmenstückes angegeben, um anzudeuten, wie erstens die feine stählerne Axe der Magnetnadel in der Mitte derselben bei E,E ruht, und wie zweitens an dem Rande des Rahmens der eingetheilte Gradbogen, längs dessen die Magnetnadel spielt, bei c,c befestigt ist. Die Axe der Magnetnadel sowohl, als auch der von 0 bis zu 180° laufende Durchmesser des eingetheilten Gradbogens befinden sich genau in der verlängerten Ebene des drehbaren Kreises CC. Giebt man diesem durch die Schraube K die Stellung, bei welcher die Axe der Magnetnadel eine verticale Richtung hat, und wendet das Instrument auf dem Reißbrete sanft um, bis die Nadel auf 0 oder einen beliebigen Abweichungsgrad einspielt, so kann man dann, bei unverändertem Stande des Instruments, durch Umdrehung der Schraube A die Axe der Magnetnadel entweder in den magnetischen Meridian, oder unter jeden Winkel gegen denselben und gegen den Horizont stellen. Zur Versicherung, ob während eines Versuchs der Stand des Instruments sich nicht verändert habe, ist es gut, auf dem Reißbrete, worauf das Ganze ruht, einen in 360 Grade getheilten Kreis zu verzeichnen, oder wenigstens zwei sich unter einem rechten Winkel schneidende gerade Linien zu ziehen, wovon die eine die magnetische Abweichung, die andere eine auf sie senkrechte Richtung angiebt. Legt man ein Lineal an einen auf der Fußplatte AA gezogenen Strich parallel mit der Ebene CC an, so muß die Schärfe des Lineals, wenn die horizontal spielende Magnetnadel auf 0 zeigt, mit der Linie im magnetischen Meridian, und wenn die Magnetnadel auf 90° weist, mit der auf dem magnetischen Meridian senkrechten Linie übereinstimmen. An den Enden des von 0 nach 180° laufenden Durchmessers des eingetheilten Gradbogens cc sind zwei messingene Hülsen G, G angeschraubt, in welchen sich zwei Glasröhren H, H sanft auf und nieder schieben lassen; sie dienen zur Befestigung des parallel über der Magnetnadel laufenden Leitungsdrahtes de oder eines dünnen 3 bis 4 Linien breiten Messingstreifens FF. Dieser Streifen ist durchbrochen sowohl in der Mitte, wo die Axe der Magnetnadel frei spielen soll, ohne ihn zu berühren, als auch an den beiden Enden, wo man die Grade des eingetheilten Bogens und den Stand der Magnetnadel beobachten will. Die Magnetnadel ist aus einer Uhrfeder verfertigt, 2‴ breit und 5″ Pariser Maß lang. Ihre Axe besteht aus gehärtetem Stahl und endigt in sehr feine Spitzen, welche in Pfännchen von Glockengut laufen. Die Güte des Werkzeuges hängt vorzüglich von der Empfindlichkeit der Magnetnadel, ihrer vollkommnen Aequilibrirung und der richtigen Stellung ihrer Axe ab. — Pfaff*) hatte durch Schmidt eine solche astatische Magnetnadel erhalten, bei welcher sich noch die Einrichtung befand, daß die Scheibe CC, durch deren Bewegung die Magnetnadel in jede beliebige Richtung gegen den Horizont gebracht werden kann, statt an einem festen parallelepipedischen Träger, an einem hohlen Cylinder B befestigt war, der um eine feststehende Axe gedreht werden konnte, so daß man der Magnetnadel zugleich jede Richtung in der Windrose zu geben im Stande war. Deswegen war auch die Fußplatte AA an ihrem kreisförmigen Rande genau eingetheilt, und ein von dem hohlen Cylinder ausgehender Zeiger wies jedesmal den Stand genau an. — Wird die Scheibe CC so gestellt, daß der Zeiger auf 0 steht, so befindet sich der Kreis, an welchem die Nadel hin und her spielt, in

*) Fischer, Phys. Wörterb. Bd. IX. S. 890.

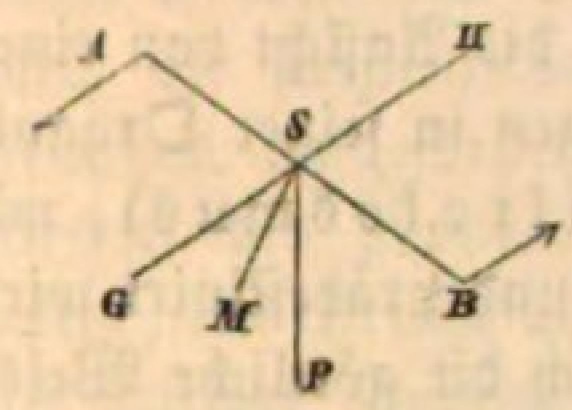
einer verticalen, die Drehungsaxe der Magnetnadel hingegen in einer horizontalen Lage, und in dieser Stellung kann die Magnetnadel als Neigungsnadel dienen. Wenn nun die Nadel mit Hülfe des hohlen Cylinders B durch alle Grade der Fußplatte A A um ihre Axe gedreht wird, so sieht man die Neigung der Nadel sich beständig verändern. Hierbei giebt es zwei Lagen, in welchen die Magnetnadel die größte Abweichung von der lothrechten Richtung hat, nämlich diejenigen beiden (an jeder Seite des Kreises, durch welchen sie gedreht werden kann, eine), wo die Axe der Magnetnadel senkrecht auf die Ebene des magnetischen Mittagskreises steht und mithin die Ebene, in welcher die Magnetnadel schwingt, mit dem magnetischen Mittagskreise zusammenfällt. Wird nun der Cylinder und damit die Ebene des Kreises und die Magnetnadel aus diesen Stellungen nach einer oder nach der andern Seite gedreht, so nimmt die Neigung in beiden Fällen bei gleicher Drehung um gleich viel ab, d. h. die Stellung der Magnetnadel nähert sich nach und nach der lothrechten, und wenn die Ebene des Kreises genau in die Richtung vom magnetischen Mittagskreise nach Osten gebracht worden, d. h. wenn die Ebene, in welcher nun die Magnetnadel schwingt, senkrecht auf die Ebene des magnetischen Mittagskreises ist, so kommt die Magnetnadel mit ihrem Nordpol genau auf 0, d. h. sie hat die lothrechte Richtung. Dies ist zugleich das richtige Kennzeichen von der guten Beschaffenheit der Magnetnadel. Um dieses Instrument zu den damit anzustellenden Versuchen gehörig vorzubereiten, bringe man zuerst den Kreis mit der Magnetnadel in eine lothrechte Stellung, und bestimme durch Umdrehung des Cylinders B um seine Axe die vier Punkte in dem Umkreise der Platte A A, in deren zweien die Ebene, in welcher die Nadel schwingt, die Richtung des magnetischen Mittagskreises, in den beiden andern die Richtung des magnetischen Aequators besitzt; hiernächst gebe man dem Kreise durch die Schraube K die nöthige Neigung, so daß die vorher horizontale Axe nun diejenige Inclination habe, welche an diesem Orte die Neigungsnadel haben würde, und bringe den Kreis durch gehörige Drehung nach einem jener zwei Punkte in die Ebene des magnetischen Aequators. In diesem Falle hat die Axe der Magnetnadel die Richtung des magnetischen Mittagskreises, und die Nadel selbst schwingt in einer auf die Neigungsaxe senkrechten Ebene. Alle einwirkende Kraft der Erde hat nun aufgehört, und die Magnetnadel bleibt in jeder Lage, welche man ihr giebt, völlig ruhig.

Ich theile noch die theoretische Betrachtung über astatische Magnetnadeln mit, welche Minding *) veröffentlicht hat. Es sei A B eine starre Linie, an deren Endpunkten zwei in einer Ebene befindliche nicht parallele Kräfte A C = P, B D = Q angebracht sind. Man verlängere die Richtungen derselben bis zu ihrem Durchschnitte E, lege durch die Punkte A, B, E einen Kreis, ziehe aus E die Resultante der beiden Kräfte, welche den Kreis in M zum zweiten Male trifft, so ist Folgendes leicht einzusehen. Werden die Kräfte P und Q, in ihrer Ebene, um ihre Angriffspunkte A und B so gedreht, daß ihre gegenseitige Neigung A E B ungeändert bleibt, so bleibt auch die Resultante der Größe nach ungeändert und geht beständig durch den nämlichen Punkt M. Dieser Punkt M heiße der Mittelpunkt der beiden Kräfte P und Q. Sind dieselben einander parallel, aber nicht



*) Pogg. Ann. Bd. XXXX. S. 151.

gerade gleich und entgegengesetzt, so wird er der Schwerpunkt. Wird ferner der Punkt M als fest und mit A und B fest verbunden gedacht, so kann man das Dreieck AMB, in seiner Ebene, um M beliebig drehen, ohne das Gleichgewicht zu stören, vorausgesetzt daß die Kräfte P und Q, nach Richtung und Intensität ungeändert, an ihren Angriffspunkten A und B haften. Nun sei AB die durch den



Schwerpunkt S gehende Längenaxe einer Magnetnadel, GH die Richtung des Magnetismus, in welche die Axe AB tritt, sobald die Nadel der Einwirkung der magnetischen Kraft frei überlassen wird. Man denke sich die Nadel in der durch GH gehenden Verticalebene von der Lage GH aus um einen beliebigen Winkel $GSA = \alpha$ gedreht, so wird die Einwirkung des Magnetismus auf dieselbe dargestellt durch zwei gleiche und entgegengesetzte, in den Endpunkten A und B angebrachte, der Richtung GH parallele Kräfte, welche zusammen ein Kräftepaar bilden. Bezeichnet man die Intensität jeder dieser Kräfte mit m und setzt $AB = l$, so ist $m\,l \sin a$ das Moment dieses Kräftepaares. Es wirkt aber zugleich auf die Nadel ihr eigenes Gewicht P, in dem Schwerpunkte S angebracht, und das vorliegende System von Kräften hat offenbar einen Mittelpunkt M. Wird demnach die Nadel an einer horizontalen, auf der Richtung GH senkrechten, durch M gehenden Axe befestigt, so bleibt sie im Gleichgewicht, wie sie auch um diese Axe gedreht werde, insofern nämlich die Richtung und Intensität des Magnetismus, wenigstens während einer gewissen Zeit, als unverändert betrachtet werden. Setzt man den Abstand $SM = a$, seine Neigung gegen die Axe AB, d. i. $\angle MSA = i$, und ist SP die Verticale, so ist offenbar auch $\angle GSP = i$; denn wenn die Axe AB in die Richtung des Magnetismus (GH) tritt, wie bei einer Inclinations-Nadel der Fall ist, so ist nothwendig SM vertical, folglich ist $\angle GSA = MSP = \alpha$ und mithin das Moment des Gewichtes P der Nadel in Bezug auf M gleich $a P \sin \alpha$. Zum Gleichgewicht wird erfordert, daß dieses Moment dem Moment des magnetischen Paares gleich sei, also $a P \sin \alpha = m l \sin \alpha$ oder $a P = m l$; mithin ist das Gleichgewicht um den Punkt M unabhängig von der Richtung der Nadel in der angegebenen Verticalebene, wie behauptet wurde. Wenn es möglich wäre, den Punkt M durch Versuche zu finten und seinen Abstand a vom Schwerpunkte zu messen, so ergäbe sich daraus sofort die absolute Intensität des auf die Nadel einwirkenden magnetischen Kräftepaares, in seinem Maximum (d. i. $m l$). Will man die Lage des Mittelpunktes für eine beliebige Ebene finden, welche gegen die Richtung des Magnetismus unter dem Winkel γ und gegen die Verticale unter dem Winkel ε geneigt ist, so darf man statt m und P nur ihre in dieser Ebene wirkenden Componenten $m \cos. \gamma$ und $P \cos. \varepsilon$ in Rechnung bringen, wodurch der Abstand a' des gesuchten Mittelpunktes vom Schwerpunkte vermittelst der Gleichung $a' P \cos \varepsilon = m l \cos. \gamma$ erhalten wird.

Asterismen, s. Sternbilder.

Astrognosie, s. Astronomie und Sternbilder.

Astrolabium, s. Winkelmesser.

Astrologie (v. d. griech. ἀστήρ, Stern, und λέγειν, sagen), Sterndeutekunst ist die Kunst des Aberglaubens, aus den Sternen die Zukunft, namentlich die Schicksale der Menschen, vorherzusagen. Besonders suchte man aus der

Stellung der Gestirne gegen einander, welche im Augenblicke der Geburt eines Menschen stattfand, dessen Lebensschicksale zu bestimmen. Die Astrologie hat ihren Grund wohl in der Betrachtung, daß derselbe in sich einige und übereinstimmende Wille, welcher den Gestirnen ihre Bahnen von Ewigkeit angewiesen, auch die Schicksale der Menschen vorausbestimmt habe, und daß die ganze Schöpfung nur um der Menschen willen vorhanden sei. Hieraus bildete sich die Ansicht von einer Uebereinstimmung, einem Parallelismus des großen Weltganzen in seiner Organisation (Makrokosmus) mit dem Menschendasein (dem Mikrokosmus), wie es in seiner Individualität durch jenes große Ganze bestimmt und prädestinirt wird in dem Augenblicke, wo es in jenes eintritt. Wenn der Mensch die göttliche Weisheit in ihrer ganzen Fülle begreifen und sich zu eigen machen könnte, so würde er auch die ewige Ordnung der Schöpfung und seine eigene Zukunft enthüllen können; so lange er aber dies nicht kann (und er kann es nie, weil er dann Mensch zu sein aufhören müßte), ist alle Sterndeuterei eine Betrügerei oder Selbsttäuschung. — Ihren Ursprung hat die Astrologie *) bei den Chaldäern genommen, daher auch im Alterthume die Sterndeuter Chaldäer (auch Genethliaci, später Mathematiker) genannt wurden. Diese waren vermuthlich die Ersten, welche sich mit Betrachtung des Himmels und seiner Gestirne abgaben und bei denen auch die wahre Wissenschaft der Astronomie ihren Ursprung nahm. Sie wollten von den erlangten Kenntnissen eine höhere Anwendung machen, als dem Menschen seiner Natur nach vergönnt ist. Zur Zeit des römischen Kaiserreiches trieben die Chaldäer oder Mathematiker so großen Unfug, daß sie der Kaiser Tiberius aus Rom vertrieb **). Indeß hat die Sterndeutekunst noch bis ins siebenzehnte Jahrhundert Anhänger gefunden, namentlich bei solchen, die sich für berufen hielten, durch großartige Handlungen die Verhältnisse der Menschenwelt umzugestalten; wie man denn von Wallenstein erzählt, daß bei ihm die Astrologen in großem Ansehen gestanden hätten. Wir besitzen noch ein astrologisches Gedicht in griechischer Sprache: Vom Einflusse der Gestirne, welches dem Manethos ***), Oberpriester zu Heliopolis, zugeschrieben wird. Vernünftige, leidenschaftslose und religiöse Menschen haben von jeher keine Achtung vor einer Kunst gehabt, die so offenbar über die Grenzen menschlicher Geisteskraft hinausgehen zu wollen sich anmaßte. In jetziger Zeit ist es eine der guten Früchte, welche die Aufklärung getragen, daß die Astrologie gänzlich in Nichtachtung gesunken ist und Sterndeuter und Betrüger für gleichbedeutend gehalten wird. Zwar hat J. W. Pfaff ****) in neuerer Zeit Bücher astrologischen Inhalts herausgegeben, sie sind aber gänzlich unbeachtet geblieben.

Astrometer, s. Photometer.

Astronomie (v. d. griech. *ἀστήρ*, Stern, und *νόμος*, Gesetz), Sternkunde, Himmelskunde ist die Wissenschaft von den Weltkörpern überhaupt, sowie von den Gesetzen, nach welchen sich die Weltkörper bewegen. Die Astronomie ist diejenige Wissenschaft, in welcher sich der menschliche Scharfsinn auf die

---

*) Ueber die ältere Geschichte der Astrologie vergl. Bailly, histoire de l'Astronomie ancienne. Paris 1775.

**) Suet. vita Tiberii c. 36.

***) Astrologie von Manethos. Uebersetzt und erläutert durch Axt. Wetzlar 1835.

****) Pfaff, Astrologie. Bamberg, 1816. — Ueber Planetenconjunction und den Stern der drei Weisen. Bamberg, 1821.

glänzendste Weise gezeigt hat. Denn es giebt zwar keine Erscheinungen in der Natur, die nicht durch unabänderliche Gesetze erzeugt werden, aber bis jetzt hat man diese Gesetze noch in keiner Naturwissenschaft so mit durchaus mathematischer Genauigkeit und Sicherheit erkannt, wie in der Astronomie *). Dieselbe ist aber auch wohl die älteste der Naturwissenschaften, denn als ihre Erfinder werden von den Griechen und Römern die Chaldäer genannt, welche durch die sternenhellen Nächte und die physische Beschaffenheit ihres Vaterlandes gleichsam aufgefordert wurden, die Sterne und die regelmäßig wiederkehrenden Wechsel des Mondes und der Jahreszeiten kennen zu lernen. Sie verwahrten später, als Priestergeschlecht der Babylonier, die gewonnenen Naturkenntnisse als heiliges Geheimniß und als Privatbesitz ihres Stammes, legten aber auch zugleich den Grund zur Astrologie (s. d. Art.). Indessen sollen schon früher die Chinesen, Indier und Aegypter astronomische Kenntnisse besessen haben. Nach Montucla's **) Berechnungen haben die Chinesen im Jahre 2460 v. Chr. Geb. eine Conjunction des Saturn, Jupiter, Mars, Mercur und Mondes, sowie im Jahre 2155 v. Chr. Geb. eine Sonnenfinsterniß beobachtet. Die astronomischen Tafeln der Indier, die sich auf die Beobachtung einer, angeblich im Jahre 3102 v. Chr. Geb. stattgefundenen, allgemeinen Zusammenkunft aller damals bekannten Planeten gründen, zeigen, wenn gleich unser jetziger Calcul dieses Ereigniß vom Jahre 3102 v. Chr. Geb. nicht bestätigt, doch wenigstens, daß die indische Priestercaste verpflichtet war, die Gestirne zu beobachten. Die astronomischen Kenntnisse der Aegypter erhalten hinsichtlich ihres Alters durch die richtige Zeitmessung dieses Volkes ziemlich volle Bestätigung. — Aber erst die Griechen legten den Grund zu einer wissenschaftlichen Bearbeitung der Sternkunde; Thales (geb. 632 v. Chr. Geb.) verstand Sonnen- und Mondfinsternisse voraus zu bestimmen; Pythagoras soll die Bewegung der Erde gelehrt haben; Meton (433 v. Chr.) und Kalippus (331 v. Chr.) verbesserten die Chronologie. Neuen Aufschwung nahm die Sternkunde unter der Herrschaft der Ptolemäer in Aegypten. Aristarch (281 v. Chr.) lehrte, daß die Erde sich um die Sonne bewege, und Eratosthenes, sein Schüler, versuchte die Größe der Erde zu bestimmen. Noch verdienter machte sich Hipparch (160 bis

*) Es ist jedoch nicht zu übersehen, daß, was die Astronomie vor anderen Naturwissenschaften an Schärfe und Strenge der Ableitung ihrer Resultate voraus hat, nur die consequente Entwickelung einiger wenigen Grundsätze oder Naturgesetze ist, daß aber auch Alles, was sich nicht aus diesen Gesetzen ableiten läßt, noch ein völlig unbekanntes, kaum überhaupt noch beachtetes Gebiet in der Wissenschaft von den Weltkörpern ist. Nur die Mechanik des Weltgebäudes ist von der Astronomie bisher beachtet worden, die dynamischen Verhältnisse in demselben hat sie ganz unbeachtet gelassen; oder mit andern Worten, wir kennen die Gesetze, nach denen sich die Körper bewegen, und können hieraus Schlüsse machen auf die Größe, Gestalt, Umdrehung der unserer Beobachtung zugänglichen Weltkörper; aber wir wissen so viel wie nichts von den Kräften, welche die Bewegungen hervorbringen, die Abstände bedingen, von der physischen Beschaffenheit der Weltkörper, von ihrem Einflusse auf einander (mit Ausnahme der Einflüsse, die sie auf ihre Bewegung gegenseitig ausüben). Wenn auch diese Gegenstände von den Astronomen den Physikern überlassen worden sind, so gehören sie doch ganz eigentlich ins Gebiet der Astronomie, und man kann von dieser sagen, daß sie ebenso einseitig, wie großartig sei, während die Physik im engeren Sinne einen so überschwänglichen Reichthum des Wissens besitzt, daß es ihr unendlich schwerer fällt, denselben wissenschaftlich zu beherrschen. D. R.

**) Montucla, Histoire des mathématiques. T. I. p. 455.

125 v. Chr.) durch sein Fixsternverzeichniß, das erste dieser Art. Systematisch geordnet wurde die Wissenschaft zuerst durch Ptolemäus, den letzten griechischen Astronomen von Bedeutung, dessen Werk *Μεγάλη Σύνταξις* (Weltordnung), nachher Almagest genannt, Jahrhunderte hindurch das Hauptlehrbuch der Sternkunde, besonders bei den Arabern, gewesen ist *). Die Gelehrten des letztgenannten Volkes und selbst einige seiner wissenschaftlich gebildeten Kalifen (Al-Mansor 753 bis 775, Al-Raschid 786 bis 808, Al-Mamun 813 bis 833) haben den Sinn für Astronomie, während diese in der christlichen Welt in Vergessenheit gerathen war, sehr gefördert; eine Menge arabischer Namen in der Astrognosie, wie man sie noch jetzt kennt und gebraucht, zeugt davon. — König Alphons X. von Castilien war der erste christliche Herrscher, der die Sternkunde thätig beförderte, denn auf seinen Befehl und auf seine Kosten erschienen im Jahre 1252 die Alphonsinischen Tafeln. Die ersten deutschen berühmten Astronomen waren Purbach (1421 bis 1461) und Müller (1436 bis 1476), gewöhnlicher Regiomontanus (nach seiner Vaterstadt Königsberg in Franken) genannt. Dann kam der Vater der neuern Astronomie, Nicolaus Copernicus (geb. 1473, gest. 1543), welcher nicht bloß, wie die Alten, die Bewegung der Erde behauptete, sondern auch durch klare Gründe bewies. Zwar stellte ihm Tycho Brahe (geb. 1546, gest. 1601) ein anderes, jedoch falsches Planetensystem entgegen; indessen besteht sein wahrer Ruhm in seinen, mit einer bis dahin nicht gekannten Genauigkeit angestellten, zahlreichen Beobachtungen. Der durch die römische Kirche zur Abschwörung des Copernicanischen Weltsystems gezwungene, große Physiker Galilei (gest. 1642) führte zuerst den Gebrauch des, um das Jahr 1608 in Holland erfundenen, Fernrohrs in die Astronomie ein und entdeckte die für die Astronomie so wichtig gewordenenen Gesetze des Falles. Gleichzeitig mit ihm lebte Johann Kepler (geb. 1571, gest. 1630), welcher, Tycho's Beobachtungen zur Anstellung theoretischer Untersuchungen benutzend, zur Entdeckung jener drei nach ihm benannten Gesetze des Planetenlaufs gelangte, durch die er sich unsterblich gemacht **) und zugleich Isaak Newton (geb. 1642, gest. 1727), dessen Zeitgenosse der bekannte Danziger Astronom Johann Hevelke (Verfasser der Machina coelestis) war, vorgearbeitet hat. Newton, gleich groß als Mathematiker, Physiker und Astronom, begründete durch seine ausgezeichneten, in dem unsterblichen Werke Philosophiae naturalis principia mathematica niedergelegten Entdeckungen eine ganz neue Epoche in der Optik, Mechanik und Astronomie; denn er ist es, der das Gesetz der allgemeinen Schwere gefunden hat. — d'Alembert, Clairaut und Euler bildeten dann diese Newton'sche Lehre weiter aus; Condamine stellte in Peru und Maupertuis in Lappland eine Gradmessung an. John Dollond (gest. 1762) erfand das

*) S. über dasselbe Lalande, Astronomie. (2. Ausg.) Bd. I. S. 136. Die einzige griechische Ausgabe: Basel, 1538. — Cl. Ptolemäus Beobachtung und Beschreibung der Gestirne und der Bewegung der himmlischen Sphäre; mit Erläuterungen, Vergleichungen der neueren Beobachtungen und einem stereographischen Entwurfe der beiden Halbkugeln des gestirnten Himmels für die Zeiten des Ptolemäus. Berlin 1795.

**) Astronomia nova *αἰτιολογητός* seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis, ex observationibus Tychonis Brahe; jussu et sumptibus Rudolphi II., Romanorum imperatoris etc., plurium annorum pertinaci studio elaborata. Pragae, a S. C. M. Mathematico Joanne Keplero. 1609. Fol.

von Newton für unmöglich gehaltene achromatische Fernrohr, während der trefflichste Beobachter des 18. Jahrhunderts, James Bradley, die Aberration und Nutation entdeckte, Tob. Mayer (geb. 1723) aber die ersten guten Mondtafeln entwarf. — Endlich haben Laplace (gest. 1827) durch seine Mécanique céleste, Olbers (gest. 1840), Lagrange (gest. 1813), Gauß durch seine Theoria motus corporum coelestium etc., Bessel (geb. 1784), sowie später auch Hansen, Savary, Encke u. A., in der zweiten Hälfte des vorigen und im jetzigen Jahrhundert (zu dessen Anfang durch Delambre und Méchain die große französische Gradmessung Behufs der Einführung eines neuen Maß- und Gewichtssystems ausgeführt worden), das auf Newton's Gesetz der allgemeinen Schwere gegründete Gebäude der Wissenschaft durch ihre scharfsinnigen Arbeiten in bewundernswürdiger Höhe und Ausdehnung mit vorher niemals erreichter Sicherheit weiter ausgeführt und vollendet, indessen Bürg, Burkhardt (gest. 1828) und Damoiseau die genauesten Mondtafeln, Carlini und Bessel die zuverlässigsten Sonnentafeln, Bouvard und v. Lindenau die besten Planetentafeln geliefert hatten. Gleichen Schritt mit der Theorie hielt die Beobachtungskunst. Lalande (gest. 1807), Bode, Piazzi (gest. 1826), Harding (gest. 1834), Bessel und Rümker entwarfen neue Firstern-Verzeichnisse; Piazzi, Harding und Olbers entdeckten 1801, 1802, 1804 und 1807 vier neue Planeten, sowie Méchain, Pons, Bremiker, Galle, de Vico, Colla, Brorsen u. A. viele Kometen. Herschel, der den Uranus und seine Monde schon früher entdeckt hatte, ferner sein Sohn John Herschel, Struve nnd Mädler fanden Tausende von Doppelsternen; Schröter (gest. 1816), Lohrmann (gest. 1840) und Mädler lehrten uns die Oberfläche des Mondes durch ihre schönen Charten genauer kennen, Herschel und Schröter aber warfen mit ihren mächtigen Spiegelteleskopen die ersten tiefern Blicke in das Universum. Bessel bearbeitete seine Zonen; es entstanden allmälig die Berliner akademischen Sterncharten, und in der neuesten Zeit wurden die Planeten Asträa, Neptun (mit zwei Monden), Hebe, Iris, Flora, Metis und ein achter Saturnsmond durch Hencke, Leverrier (Adams), Hind, Graham, Lassel und Bond entdeckt. Auch die Kunst, astronomische Instrumente und Fernröhre zu verfertigen, erhob sich seit dem Jahre 1812 durch Reichenbach, Fraunhofer, Baumann, Plößl, Pistor und Martius, Repsold und Söhne u. A. m. zu einer seltenen, bewundernswürdigen Genauigkeit, Vorzüglichkeit und Größe; Jürgensen, Kessels und Dent vervollkommneten die Chronometer außerordentlich. Nun entstanden auch neue und sehr zweckmäßig eingerichtete Sternwarten zu Altona, Seeberg bei Gotha, Ofen, Berlin, Königsberg, Wien, Dorpat, Göttingen, Helsingfors, Pulkowa, Hamburg, Bonn, Cambridge (Nordamer.) ꝛc., auf denen Bessel, Struve, Encke, Rümker, v. Littrow, Schumacher, Mädler, Nicolai, de Vico, Argelander, Bond u. A. m. viel geleistet haben. Endlich wirkten für das populäre Studium der Sternkunde vorzüglich Bode, Fries, v. Littrow und Brandes. — Die Astronomie zerfällt in drei Haupttheile: 1) sphärische Astronomie, welche die verschiedenen Kreise und Punkte der Himmelskugel, die Sternbilder (Astrognosie), die Lage oder Stellung der Gestirne gegen jene Kreise und Punkte, sowie die an der Himmelskugel stattfindenden Erscheinungen kennen lehrt; 2) theorische Astronomie, welche aus den Beobachtungen die wahren Bahnen der Gestirne, besonders der Planeten, zu bestimmen

lehrt; 3) physische Astronomie, welche die Naturgesetze angiebt, nach denen die Bewegungen der Himmelskörper stattfinden, ferner zeigt, wie diese Bewegungen nach den Regeln der Bewegung zu berechnen sind, und endlich Alles zusammenstellt, was bisher über die natürliche Beschaffenheit der Weltkörper in Erfahrung gebracht worden ist. Als Grundlage für diese drei, die theoretische Astronomie bildenden递Haupttheile kann man die praktische Astronomie ansehen, die in zwei Theile zerfällt: 1) beobachtende und 2) rechnende Astronomie. Außerdem sieht man die Chronologie, Gnomonik und Nautik als Nebenzweige der Astronomie an.

Die Literatur der Sternkunde ist so ungemein reichhaltig *), daß bloß einige vorzügliche Werke hier erwähnt werden können. Außer den schon oben angegebenen ältern Schriften dienen für den mit allen Vorkenntnissen ausgerüsteten Leser: Lalande, Astronomie; 3 éd. 3. T. Paris 1792. (Daraus: Abrégé d'Astronomie par de Lalande. Paris 1795.) Biot, traité élément. d'Astronomie physique. 2. éd. 3 T. Paris 1810. Délambre, Astron. théorét. et prat. 3 Tom. Par. 1814. Laplace, Exposition du système du monde. 5. éd. Par. 1824 und von dems. mécanique céleste. 5 T. Paris 1824. Pontécoulant, Théorie analytique du Système du monde. Paris 1829. Littrow, theoret. und prakt. Astronomie. 2 Theile. Wien 1821. Woodhouse, Element. treat. on Astron. 2 Vol. Lond. 1823 u. s. w. Für minder vorbereitete Leser: Ferguson, Lectures on Astron. edit. by Brewster. 2 Vol. (auch deutsch bearbeitet). Bohnenberger, Astron. Tüb. 1811. Piazzi, Lehrb. d. Astron., aus d. Ital. übers. v. Westphal. 2 Thle. Berl. 1822. Möbius, die Elemente der Mechan. d. Himmels auf neuem Wege 2c. dargestellt. Leipzig 1843. Brandes, Vorles. über d. Astron. 2. Aufl. Leipzig 1827. Kosmos von Alex. v. Humboldt. I. Theil. John F. W. Herschel, Popul. Astronomie. Aus d. Engl. Leipzig 1838. — Mädler, Popul. Astronomie. — Littrow, die Wunder des Himmels u. a. m. — Geschichtliche, die Sternkunde betreffende Schriften sind namentlich folgende: Bailly, Hist. de l'Astron. anc. 1755, mod. 3 Vol. 1779 bis 1782; Traité de l'Astron. indienne 1787. Lalande, Bibliogr. astron. Par. 1803. Délambre, Hist. de l'Astron. anc. 2. Vol. Par. 1817; hist. de l'Astron. du moyen age. 1. Vol. Par. 1819; hist. de l'Astronomie moderne. 2. Vol. Par. 1821. v. Zach, monatliche Correspondenz zur Beförd. d. Erd- und Himmelskunde. 23. Bd. Gotha 1811. Januar- und Mai-Heft 2c., sowie Jahn, Geschichte d. Astronomie v. Anfang d. 19. Jahrh. bis zu Ende d. J. 1842. Leipzig 1842. 2 Bde. — Astronomische Ephemeriden und Zeitschriften endlich sind: Connaissance des Tems, Paris. — Nautical Almanac, Greenwich. — Astronomisches Jahrbuch v. Encke, Berlin. — Effemeridi astron. di Milano. — Astronomische Nachrichten v. Schumacher. Analecten zur Erd- und Himmelskunde v. Gruithuisen. Naturwissenschaftliches Jahrbuch 2c. v. demselben. Uranus von P. G. L. v. Boguslawski. — G. A. Jahn, Wöchentliche Unterhaltungen für Dilett. und Freunde der Astronomie, Geographie und Witterungskunde 2c., welche sämmtlich fortgesetzt

*) Die ältere Literatur s. in Scheibel's astronomischer Bibliographie. Breslau 1785 (5 Stücke).

werden. — Auch das Populäre astronomische Handwörterbuch von J. C. Nürnberger verdient erwähnt zu werden. J.

Astronomische und physikalische Bildersprache. Unter allen physikalischen Wissenschaften bediente sich bisher allein die Astronomie neben der mathematischen Zeichensprache noch einer andern, wobei menschliche und thierische Figuren gezeichnet werden. Die dadurch erreichte Bequemlichkeit und Anschaulichkeit hob hinweg über den Gedanken, daß an dieselben Gestalten im Alterthum die wunderlichsten Mythen angereiht worden seien. In der neueren Zeit führte der Elektromagnetismus uns unwillkürlich zu einer ähnlichen Bildersprache hin, sogleich bei den ersten Erscheinungen, die von Oersted beobachtet wurden. Und diese Bildersprache erweiterte sich zugleich mit dieser neuen Wissenschaft und ist nun zur klaren Auffassung der einzelnen verwickelten Erscheinungen unentbehrlich. Unabhängig von jeder alterthümlichen Beziehung, von welcher die analoge astronomische Bildersprache sich nicht trennen läßt, lediglich vielmehr aus der Natur der Sache, soll hier diese neue physikalische Bildersprache entwickelt werden. Dadurch wird für spätere auf Elektromagnetismus und Magnetoelektricität sich beziehende Artikel ein bedeutender Gewinn entstehen, indem wir uns dann nur auf diese hier gegebene leichte und anschauliche Entwickelung der Sache werden beziehen können. Ja wir werden bei dem Artikel Sonne sogar Gelegenheit finden, durch diese neue physikaliche Bildersprache, welche hier im Ueberblicke dargelegt werden soll, einiges Licht zu werfen auf die so räthselhafte Entstehung jener alten astronomischen. Daraus, daß diese neuere physikalische Bildersprache sich aus der Natur der Sache bis ins Einzelne hinein entwickeln läßt, sieht man alsobald, daß sie bloß durch den gemeinschaftlichen Gebrauch menschlicher und thierischer Figuren jener hier als bekannt vorausgesetzten astronomischen, über deren Geschichte Caesius a Zesen in seinem Buche Coelum astronomicum poeticum, Amstelod. 1662, umständlich sprach, äußerlich verwandt, dem Geiste nach aber gänzlich davon verschieden sei*). Dieselbe ist nämlich in der neueren Physik noth-

*) Da unsere Bildersprache mit der astronomischen nicht bloß im Allgemeinen durch den Gebrauch menschlicher und thierischer Figuren zusammenstimmt, sondern einige unserer Hauptbilder sogar gleichnamig sind mit jenen astronomischen, so erklärt sich der Columnentitel der folgenden Blätter von selbst. Er soll von der einen Seite die Zusammenstimmung mit der astronomischen Zeichensprache andeuten, wenigstens in Anerkennung des Princips, daß es außer der mathematischen Zeichensprache noch eine andere, sogar ganz heterogene und dennoch wissenschaftlich brauchbare geben könne; von der anderen Seite aber soll dieser Columnentitel auf den Gegensatz, dem wissenschaftlichen Geiste nach, bei jener astronomischen und unserer physikalischen Zeichensprache (trotz der Zusammenstimmung in Einzelnheiten) aufmerksam machen. So ist es z. B. allgemein bekannt, daß die Dioskurenbilder oder Kastor und Pollux im Thierkreise der Astronomen vorkommen. Und obwohl keine einzige der zahlreichen Stellen von den Dioskuren in alterthümlichen Dichtern einen Sinn hat, wenn man dabei an die Sterne Kastor und Pollux im Thierkreise denkt, so ist doch diese Auffassungsweise bei den grammatischen Philologen allgemein beliebt und vorherrschend geworden. Wir werden, ohne des Alterthums oder dichterischer Imagination zu bedürfen, allein durch streng physikalische Betrachtung auf Zeichnungen von Bildern geführt werden, welche mit den alten Dioskurenbildern, sei es auch bloß zufällig (was dem Physiker als Physiker ganz gleichgültig sein kann und gleichgültig sein muß), genau zusammenstimmen. Aber ganz verschieden wird diese Zeichnung sein von den astronomischen Dioskurenbildern. Schon in dem oben erwähnten coelum astronomicum poeticum werden unter Gemini folgende synonyme Benennungen zusammengestellt: Manilio Phoebi sidus, Apollo et Hercules, Pollux et Castor, Dioscuri ꝛc. Und, wie auf alten, sehen wird selbst auf neueren Sterncharten bei dem Sternbilde der Dios-

wendig geworden dadurch, daß wie rechts und links sich verhaltende Beziehungen, welche beständig in der animalischen Natur hervortreten und auch bei Vegetabilien (besonders bei den rechtsum oder linksum sich windenden Schlingpflanzen) längst die Aufmerksamkeit erregten, auf eine höchst bedeutsame Weise in der anorganischen Natur sich offenbarten. Da wir unter rechtsum eine dem scheinbaren Sonnenlauf entsprechende Drehung verstehen von Ost über Süd nach West, unter linksum die entgegengesetzte, also die der wahren Bewegung der Erde um ihre Axe und um die Sonne herum entsprechende, so könnten wir allerdings in diesem Sinne sagen, daß der Mond um die Erde und auch alle Planeten um die Sonne sich linksum, und nur diejenigen Kometen, welche im Thierkreise gegen die Ordnung der Zeichen laufen, sich rechtsum bewegen. Zur Verständigung darüber aber fanden die Astronomen von jeher es zweckmäßig, sich einer Zeichensprache zu bedienen, und fortwährend zeichnen sie eine Reihe uralter Bilder im sogenannten Thierkreise. Und in der That, wenn wir von einer Bewegung sprechen nach der Ordnung oder gegen die Ordnung der Zeichen im Thierkreise, so gewährt diese Bildersprache stets eine scharfe Bezeichnung, welche in mehreren Fällen durchaus nicht zu erreichen wäre durch den Wortausdruck rechtsum oder linksum. — Einsam aber standen diese entgegengesetzten Drehungen am Himmel. Lediglich einige krystallinische Erscheinungen erinnerten auf Erden an ähnliche, nur dem Organischen eigenthümlich scheinende Beziehungen. Die zur Ableitung gewisser secundärer krystallinischer Gebilde aus primitiven angenommene Hemitropie reichte nämlich bei den Feldspathkrystallen nicht aus, und es war nöthig, dabei wie rechts und links sich verhaltende Beziehungen anzuerkennen. Weiß lenkte darauf zuerst im Jahr 1814 die Aufmerksamkeit hin (im Journal der Chem. u. Physik. Bd. X. S. 223—235) in einer Abhandlung über die gewöhnlichste Zwillingskrystallisation des Feldspaths, welche er mit den Worten beginnt: „In der Krystallisationslehre hat man bisher den Unterschied noch

kuren keine alten Dioskurenbilder, sondern die Bilder des Apollo und Hercules sind statt derselben als Zwillinge verbunden, wodurch bildlich angedeutet wird, was Manilius durch die Benennung Phoebi sidus bezeichnet. Dem Hercules mit der Keule wurde der Name Pollux, dem Apollo mit der Leier und dem Pfeile der Name Kastor beigeschrieben. Wenn aber dieses Gestirn der Dioskuren im alten Astronomicum des Manilius als Phoebi sidus bezeichnet wird, so ist hierdurch offenbar die Zeit angedeutet, wo die Frühlingsnachtgleiche im Sternbilde der Dioskuren war. Wir kommen also in eine vorhistorische Periode zurück vor 6000 Jahren. Und zu einer vorhistorischen Periode führen uns auch die Ueberreste alter indischen Astronomie und führt uns, auf die unzweideutigste Weise, die in der großen Pyramide zu Memphis niedergelegte Gradmessung zurück (s. Jomard's ebenso streng mathematische als gelehrt philologische Abhandlung über die Maße der Alten, welche den ganzen 7. Band der description de l'Egypte einnimmt, oder auch nur den Auszug daraus in meiner Einleitung in die Mythol. auf dem Standpunkte der Naturwissenschaft S. 362, und in der Abhandlung über das Elektron der Alten S. 28. Note 23). — Wie aber neue Gradmessungen dazu gehörten, um jene vorhistorische wieder zu erkennen und aufzufinden, gleichsam in einer symbolischen Hieroglyphensprache, die zuerst von Jomard wieder verstanden wurde, so muß eine streng wissenschaftliche, in jeder Beziehung vom Alterthum unabhängige Bildersprache der Aufklärung einer vorhistorischen alterthümlich überlieferten Bildersprache nothwendig vorangehen. — Und auch darauf soll der Columnentitel der folgenden Blätter hindeuten. Wir werden, wie schon oben bemerkt, unter dem Artikel Sonne noch Einiges hierüber zu sagen haben, was uns wieder zurückführt zu der so eben erwähnten Zeichnung der Dioskuren im Thierkreise, da Hercules auf eine bezeichnende Weise noch an einer andern Stelle des Himmels und zwar in größerer Gestalt vorkommt.

gar nicht beachtet, der zwischen den Körpern stattfindet, welche die Geometrie umgekehrt gleich und ähnlich nennt, und welche sich verhalten wie rechts und links, rechter und linker Arm, rechts und links gewundene Schnecken 2c." Und als wenige Jahre darauf derselbe ausgezeichnete Krystallograph von den Anomalien hörte, welche Biot bei circularer Lichtpolarisation beobachtete, indem zwei perpendicular auf die Axe geschnittene Bergkrystalle von ganz gleicher Dicke einen Gegensatz in der circularen Farbenerscheinung zeigten, welcher wie rechtsum und linksum sich verhielt, so äußerte er sogleich, daß die eine Scheibe aus einem Krystall mit rechtsum, die andere aus einem mit linksum laufenden kleinen secundären Flächen geschnitten gewesen sei. Und Herschel's spätere Untersuchungen haben dies wirklich dargethan. —

Aber erst im Jahr 1820 durch Oersted's glänzende Entdeckung des Elektromagnetismus trat das rechts und links ebenso durchgreifend und bedeutsam auf in der anorganischen wie in der organischen Natur. Und es gereicht zur Ehre Oersted's, daß er die Erscheinung sogleich von dieser Seite aufgefaßt, während ein anderer ausgezeichneter und namentlich um die Elektricitätslehre höchst verdienter Physiker von diagonaloidem Transversalmagnetismus sprach. Aber die Worte rechtsum und linksum haben keinen Sinn, wenn man nicht den Gedanken an Kopf und Fuß damit verbindet. So dreht z. B. eine Schraube (woran Faraday öfters zur Verständigung erinnert) sich allerdings rechtsum, wenn dieselbe von oben eingeschraubt wird, d. h. der Schraubenkopf oben ist, aber linksum, wenn er unten ist, oder wenn von unten die Schraube eingeschraubt wird. Und man kann daher weder sagen, daß die Schraube rechtsum, noch daß sie linksum gedreht werde, wenn man sie horizontal einschraubt. Gleiches läßt sich bei jeder um die Axe schwingenden Kugel nachweisen. Derselbe Umschwung der Kugel, z. B. von Ost über Süd nach West (rechtsum), stellt von West über Süd nach Ost (linksum) sich dar, sobald man während des Schwunges den obern Theil der Axe nach unten dreht; und die Worte rechtsum und linksum haben also keine Bedeutung mehr, wenn die Axe horizontal gehalten wird. — Man sieht, wie wenig zufällig im gemeinen Leben der Ausdruck Schraubenkopf sich der Schraubendrehung anschloß, und daß wir überhaupt, wenn von rechtsum und linksum gesprochen wird, unwillkürlich im dunkeln Bewußtsein stets mit Kopf und Fuß versehene Figuren nebenbei im Sinne haben. Soll also von klarem Bewußtsein oder von scharfen Bezeichnungen die Rede sein, so müssen wir uns sagen, daß die Wortsprache hier nicht ausreiche, sondern wir schlechterdings einer Figuren- oder Bilder-Sprache bedürfen. — Nicht also eine bloße Aushülfe für einen einzigen Fall war es, wenn Ampère sogleich, um über die erste Oersted'sche Beobachtung, über die vom elektrischen Strom herbeigeführte Ablenkung der Magnetnadel eine Verständigung herbeizuführen, die Zeichnung einer Figur empfahl. Allerdings eine einzige Figur, deren Ampère sich bediente, kann nicht ausreichen in diesem elektromagnetischen Kreise, sondern es sind vielmehr im Sinne der ihrer Natur nach paarweise auftretenden, entgegengesetzt wirkenden magnetischen Pole Paare von Figuren zu zeichnen. Wie aber es in der Algebra allgemeine Formeln und Specialformeln giebt, so bedürfen wir auch bei dieser Bildersprache einer Zeichnung, welche im Kreise des Elektromagnetismus einer allgemeinen, alle Phänomene umfassenden Formel entspricht, und dann wieder specieller Zeichnungen für einzelne

besonders bedeutsame und einflußreiche Phänomene, um die Erscheinung auch da sogleich wieder zu erkennen, wo sie nicht so leicht ins Auge fällt. Unter diesen Umständen leuchtet es ein, daß es nöthig sei, gleichsam ein Compendium des Elektromagnetismus und Magnetoelektrismus (und zwar das kürzeste und populärste) zu schreiben, um unsere Bildersprache darzulegen in ihrer praktischen Bedeutsamkeit. Es wird sich zeigen, daß Kürze und Bestimmtheit des Ausdrucks das Charakteristische sei, wie der mathematischen, ebenso der physikalischen Zeichensprache. Mit Hülfe derselben werden wir scharf bezeichnen, was (wie alle Lehrbücher der Physik beweisen) die Wortsprache nur unbestimmt auf eine höchst schwerfällige, das größere Publicum abschreckende Weise anzudeuten vermag. Namentlich soll das schönste elektromagnetische (alle Arten elektromagnetischer Drehungen vereinigende) Phänomen, welches ermüdend lange und unklare Abhandlungen veranlaßte und eben darum in die Lehrbücher der Physik gar keinen Eingang finden konnte, dieses wundervolle Phänomen zugleich dem geistigen und dem leiblichen Auge im klarsten Lichte dargestellt werden. Ob unsere Bildersprache, gleich der im Thierkreise geltend gewordenen, eine alterthümliche sei oder eine jetzt erst erfundene, kann dem Physiker gleichgültig sein. Darauf allein kommt es hier an, sie ihrer wissenschaftlichen, durch Naturnothwendigkeit herbeigeführten Bedeutung gemäß zu entwickeln.

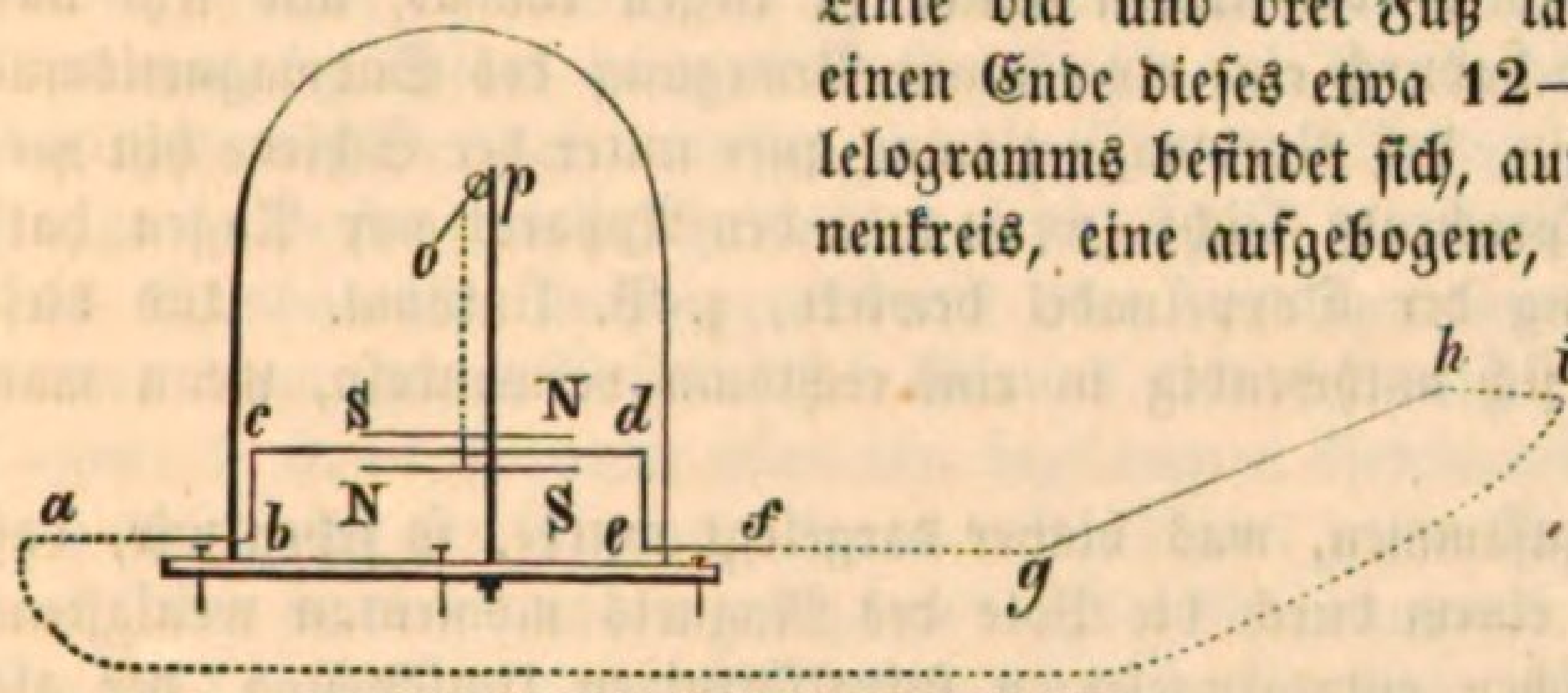
I. Figurenzeichnung für das elektromagnetische oder magnetoelektrische Grundphänomen.

Hier entsteht sogleich die Frage nach dem Grundphänomen. Ampère suchte die magnetischen Erscheinungen aus elektrischen Strömen abzuleiten. Man kann aber umgekehrt auch den elektrischen Strom als magnetischen, nämlich als magnetischen Umschwung auffassen. Von einer Bildersprache, die einzig und allein zur scharfen Bezeichnung des Phänomens dienen soll, fordern wir mit Recht, daß sie frei sei von jeder theoretischen Einseitigkeit. Von der mathematischen Zeichensprache kann man dies nicht verlangen. Denn diese muß sich nothwendig der einen oder andern Theorie anschließen. Unsere Bildersprache aber soll nur das Phänomen auf eine unzweideutig scharfe Weise darstellen, und muß daher selbst entgegengesetzten Theorien, sobald sie nicht in unmittelbaren Widerspruch kommen mit der Erscheinung, sich anzuschließen fähig sein. Kein Mensch kann übrigens leugnen, daß, wenn vom elektrischen Strome (von dem Ampère's Theorie ausgeht) gesprochen wird, dies gleichfalls schon eine Bildersprache sei; nur fehlt es dieser Bildersprache an Schärfe, indem das Bild eines Stromes zu unbestimmt ist. Sobald wir aber, im Gegensatze zu der Ampère'schen Theorie, die elektrischen Erscheinungen aus den magnetischen ableiten, so wird das Bild eines Stromes schon etwas schärfer und bestimmter, indem nun, einem magnetischen auf den geschlossenen Kreis sich beziehenden Hauptgesetze gemäß, von einem in sich zurücklaufenden Strome die Rede sein muß. Da aber mit dem Bild eines Stroms gar nichts gewonnen wird, und von allen (gemäß der Natur der bewegten Flüssigkeit und ihrer Wellenbewegung) in Betrachtung kommenden Nebenbeziehungen hier nicht die Rede ist, so wird es naturgemäßer scheinen, den Magnetismus lieber geradezu unter dem geometrischen Bilde eines geschlossenen Kreises aufzufassen. Dem geschlossenen Kreis wird eine in sich zurücklaufende Spiralwindung sich anschließen. Wir werden also nun sogleich fragen, ob auch diese Spiralwin-

dung bedeutsam werden könne für den Magnetismus, und in diesem Sinn auf folgende Weise experimentiren.

1) Man stelle sich ein längliches Parallelogramm vor, aus mit Stellschrauben zusammengeschraubten starken Kupferschienen gebildet, von denen jede etwa einen Zoll breit, eine Linie dick und drei Fuß lang sein mag. An dem einen Ende dieses etwa 12—15 Fuß langen Parallelogramms befindet sich, aufgenommen in den Schienenkreis, eine aufgebogene, wenigstens 1 Zoll breite und 1 Linie dicke Schiene a b c d e f, die entweder in der Mitte (zur Einsenkung der einen von den im entgegengesetzten Sinne verbundenen zwei Magnetnadeln) oder an der einen Seite eingeschnitten ist zur Zwischenschiebung einer astatischen Doppelnadel. Die entgegengesetzt gestellten Magnetnadeln sollen der Schiene c d so nahe als möglich liegen. An dem sie haltenden Draht oder Strohhalm ist ein Coconfaden befestigt, welcher aufgedreht werden kann an einem Stifte o p, der verschieblich und drehbar in einem auf einem Seitenstabe stehenden Korke ist. Bei dieser einfachen Einrichtung kann der astatischen Doppelnadel jede beliebige Stellung gegeben werden. Natürlich wird man sich die Enden e f und a b der aufgebogenen Schiene auf einem mit Stellschrauben versehenen Stativ befestigt denken, während eine darüber angebrachte Glasglocke die Störung der astatischen Magnetnadeln durch Luftzug hindert. An a und f werden Schienen angeschraubt, welche den Kreis schließen. Man denke sich g h, was eine noch breitere und dickere Schiene sein kann, so weit entfernt von den Magnetnadeln, daß in solcher Entfernung selbst ein 20 oder 30 oder 60 Pfund tragender Magnet sie nicht mehr stört. Wird aber dieser Magnet in perpendicularer Richtung gegen g h bewegt und (wenn ein Hufeisenmagnet angewandt ist) g h zwischen das Hufeisen rasch hineingeschoben, so kann man sich denken, daß ein im geschlossenen Kreise in sich zurücklaufender magnetischer Spiralumschwung entstehe, welcher in der Art wahrnehmbar werden müßte, daß von der über c d momentan, z. B. von West nach Ost sich im Spiralschwunge hinbewegenden südmagnetischen Kraft der Nordpol der obern Nadel, und ebenso von der unter c d sich gleichzeitig in derselben Richtung hinbewegenden nordmagnetischen Kraft der Südpol der untern Nadel angezogen würde. Da die anziehenden magnetischen Kräfte sich gegenseitig verstärken, dagegen die abstoßenden sich schwächen, so ist es klar, daß die Wirkung der anziehenden für die Bewegung der Nadel in unserm Fall entscheidend sein müsse. Wirklich erfolgt die Bewegung in dem angedeuteten Sinne, selbst wenn man bloß mit dem Pol eines starken Magnetstabes quer über g h in perpendicularer Richtung gegen die Linie g h hinfährt, und (was sich nun von selbst versteht) im entgegengesetzten Sinne, wenn man zurückzieht. Derselbe Gegensatz offenbart sich, je nachdem man mit demselben Pol an der obern oder untern Fläche der Schiene g h im bezeichneten (perpendicular gegen g h gerichteten) Sinne eine Bewegung macht. Offenbar muß also eine bedeutend größere Einwirkung stattfinden, wenn man sich

(1)



bei diesen Versuchen eines hufeisenförmigen Magnets bedient, um zugleich auf die untere und obere Fläche, jedoch im entgegengesetzten Sinne, einzuwirken. Es ist auf diese Weise in Abhängigkeit von der Stärke der Magnete leicht ein Ausschlag von 5—10° herbeizuführen. Legt man einen etwa 40—50 Pfd. tragenden Magnet in perpendicularer Richtung zur Schiene gh so an dieselbe, daß z. B. der Südpol an der obern, der Nordpol an der untern Fläche zu liegen kommt, und setzt nun den Anker auf, so wird dadurch eine momentane Bewegung des Südmagnetismus quer über die Schiene hin, des Nordmagnetismus quer unter der Schiene hin veranlaßt, welche eine entsprechende leicht (wenn man den Apparat vor Augen hat) vorherzusagende Drehung der Doppelnadel bewirkt, z. B. linksum. Und diese Drehung linksum muß sich nothwendig in eine rechtsum verwandeln, wenn man den Anker abzieht.

Fassen wir Alles zusammen, was bisher dargelegt wurde, so sehen wir, daß es sich hier handle von einem durch die Pole des Magnets momentan wenigstens zu erregenden magnetischen entgegengesetzten spiralförmigen Umschwung, der als Thatsache nachgewiesen ist durch die dargelegten Versuche. Dieselbe Spiralwindung aber scheint z. B. rechtsum zu laufen, wenn man den obern Punkt, und linksum, wenn man den untern Punkt für den Anfangspunkt der Windung erklärt, von welchem man ausgehen will, während ohnehin, wie bei dem Kreise, so auch bei einer in sich selbst zurücklaufenden Spiralwindung jeder Punkt als Anfangs- oder Endpunkt betrachtet werden kann. Einleuchtend ist es also, daß, um nur über den Sinn einer Spiralwindung sich zu verständigen, man sich eine mit Kopf und Fuß versehene Figur in sie hineingelegt denken muß. In unserm Falle ist noch dazu von zwei sich in entgegengesetzter Richtung bewegenden Spiralwindungen die Rede. Wir werden also zwei mit einander verbundene sich in entgegengesetzter Richtung bewegende Figuren zeichnen müssen, wie die nebenstehende Figur 2 sie zeigt. Denken wir uns dieses Bild in die Schiene gh, deren Anfangspunkt h wirklich höher liegen mag als der Endpunkt g, so hineingelegt, daß die Köpfe oben bei h, die Füße unten bei g zu liegen kommen, der Blick aufwärts gegen den (quer über gh hinbewegten) Magnetpol gerichtet sei. Die Richtung von h nach g und f hin sei die von Süden nach Norden. Eine Bewegung des Südpols von West gegen Ost über gh hin (wobei wir uns also die Blicke unserer Figur gegen Norden hingewandt denken) wird eine Trennung und einen Umschwung der beiden Magnetismen auf der Oberfläche der Schiene gh in tangentiell entgegengesetzter Richtung veranlassen. Und bei der angezeigten Lage unserer Figuren wird der Südmagnetismus im Sinne der rechtsum, der Nordmagnetismus im Sinne der linksum sich drehenden Figur um die Schiene gh sich bewegen. Demnach können wir wenigstens bei diesem Experimente (aber auch bei allen daran zu reihenden folgenden, insofern es sich hier bloß von Verständigung über die Richtung der Spiralwindung handelt) die links sich drehende Figur als Symbol des Nordmagnetismus, die rechts sich drehende als Symbol des Südmagnetismus auffassen und in diesem Sinne die erstere mit N, die letztere mit S bezeichnen. Zugleich ist damit gesagt, daß wir bei jeder von beiden

(2)



Figuren den Kopf als den Anfangspunkt der durch ihre Drehung zu bestimmenden Spiralschwingung betrachten. — Wir wollen nun in Gedanken in dieser Richtung vom Kopfe zum Fuße der Figuren den magnetischen Spiralschwung nach e d c hin bis zur Doppelnadel fortsetzen, dabei aber annehmen, daß der Nordpol der obern Nadel nach Süden, der Nordpol der untern Nadel nach Norden deute. — Auf der Oberfläche c d kann die perpendicular gegen c d erfolgende Trennung (gleichsam tangentielle Ausstrahlung) der beiden Magnetismen dadurch bezeichnet werden, daß man das in die Mitte der Schiene hineingedachte Bild von g h zu d c so hingerückt sich denkt, daß die Köpfe bei d und die Füße bei c liegen. Das Symbol des Nordmagnetismus (bei der angenommenen Bezeichnungsweise) kommt dann gegen Westen, das Symbol des Südmagnetismus gegen Osten zu liegen, d. h. es ist (unter allen den bezeichneten Nebenumständen) eine Anziehung und Bewegung der Südspitze der obern Nadel gegen Westen, der Nordspitze gegen Osten in dieser (alle angegebenen Nebenumstände zugleich dem Auge darlegenden) Bildersprache ausgesprochen. Da aber vom peripherischen magnetischen Umschwunge um die Schiene die Rede ist, so müssen wir das diesen peripherischen Umschwung darstellende Bild in Gedanken auch nach unten drehen, daß es gegen die untere Magnetnadel gerichtet wird. Bei dieser Umdrehung wird das Symbol der Südpolarität gegen Westen, das der Nordpolarität gegen Osten zu liegen kommen, wodurch angedeutet wird, daß die Südspitze der untern Nadel nach Osten, die Nordspitze nach Westen angezogen und bewegt wird. Offenbar wird also die Doppelnadel sich linksum bewegen müssen.

2) Einleuchtend ist es, daß man die magnetische Einwirkung auf die Schiene verstärken könne, wenn man an die Stelle der geraden Schiene g h eine schraubenförmig gewundene setzt. Denn der bei Einschiebung eines Magnetpols in die erste Schraubenwindung angeregte und im geschlossenen Kreise durch die ganze Schiene durchwirkende magnetische Spiralschwung muß nothwendig verstärkt und beschleunigt werden, wenn unmittelbar darauf dieselbe Einschiebung des Magnetpols in die zweite Schraubenwindung erfolgt rc. Von der Schnelligkeit der Bewegung des Magnetpols in die Spirale hinein wird also die Größe der Wirkung abhängen. Und da der bewegte Nordmagnetismus z. B. den neben ihm in gleicher Richtung bewegten Südmagnetismus mit sich fortreißt und dadurch beschleunigt in der Bewegung, so ergiebt sich der Begriff eines Multiplicators der Kraft von selbst. Zu diesem Zwecke kann es dienlich sein, die einzelnen Windungen so nahe als möglich zu bringen, wodurch wir auf mit Seide umsponnene Drähte geführt werden, während bei dem zuerst angeführten einfachen Grundversuche schon aus dem Begriff einer peripherisch wirkenden Kraft die Wichtigkeit einer angemessenen Größe des Querdurchschnittes folgt, wobei die Anwendung starker Kupferschienen sich von selbst empfiehlt. — Will man durch die Bildersprache sich die Wirkung

a) des Multiplicators deutlich machen, so darf man nur zwei neben einander gestellte Bilder betrachten. So lange man sie nicht umkehrt, so daß der Kopf des einen zu den Füßen des andern kommt, wird immer das Symbol des bewegten Südmagnetismus neben dem des bewegten Nordmagnetismus und umgekehrt zu liegen kommen, wodurch gegenseitige Verstärkung der Kraft und Beschleunigung des Umschwunges hervorgebracht wird. Diese Combination zweier Bilder lehrt zugleich

b) den Ampère'schen Satz, daß gleichlaufende Ströme sich anziehen, entgegengesetzt laufende sich abstoßen. Ebenso ist es leicht, durch dieselbe Bildersprache

c) den Begriff der sogenannten Induction klar zu machen. Denn zur ersten Anregung eines magnetischen Spiralschwunges kann nicht bloß ein bewegter Magnet, sondern auch ein schon angeregter magnetischer Spiralschwung dienen, den das Bild Fig. 2 darstellt. Wird ein Magnetpol rasch hineinbewegt zwischen zwei einander gegenüber liegende Schienen, die wir uns z. B. als concentrische Schienenkreise denken wollen, so wird derselbe Pol nothwendig (wie sogleich durch Anlegung unseres Bildes zu erkennen) in beiden Kreisen entgegengesetzten Spiralschwung (entgegengesetzten elektrischen Strom) anregen. Auf ähnliche Art wird selbst ein mechanischer Stoß, der zwischen zwei einander gegenüberstehenden Personen erfolgt und auf jede von beiden wirkt, die eine nöthigen sich rechtsum, die andere sich linksum zu drehen. Offenbar läßt sich dies auf jede durch unser Bild Fig. 2 dargestellte, in einer Schiene (welcher eine andere gegenüber steht) aufblitzende oder zurückblitzende elektromagnetische Tangente anwenden*). Der nordpolarische Schwung linksum z. B. wird in der gegenüber liegenden Schiene, worin wir uns den Magnetismus in Ruhe denken, nothwendig einen nordpolarischen Schwung rechtsum anregen; aber bloß momentan. Denn es handelt sich hier lediglich vom momentanen Stoße der aufblitzenden oder zurückblitzenden elektromagnetischen Tangente. Die zurückblitzende wirkt nämlich (ebenso wie ein zurückgezogener Magnetpol) entgegengesetzt der aufblitzenden. Der zwischen beiden entgegengesetzten Bewegungen in der Mitte liegende Zustand der Ruhe (die wenigstens als relative aufzufassen ist, wenn der sogenannte continuirliche Strom der Elektricität als rasche Folge von Blitzen betrachtet wird) muß also nothwendig wirkungslos sein. Denn bloß von einer Wirkung des bewegten Magnetismus handelt es sich hier. — Demnach ergeben sich die so räthselhaft klingenden Sätze von inducirten Strömen aus dem bloßen Anblicke der jedem einzelnen Fall angemessen gelegten Bilder. Denn alle Nebenbeziehungen, welche die weitläufige Wortsprache nicht zusammenzufassen vermag, stellt die Bildersprache klar dem Auge dar.

3) Was man auf eine schwer verständliche Weise durch Masse und Schnelligkeit des elektrischen Stromes bezeichnet hat, wird nun auch verständlicher gemacht durch unsere auf den magnetischen Spiralschwung sich beziehenden Betrachtungen. Wenn nämlich von einer magnetischen Atmosphäre die Rede ist, welche z. B. um eine Kupferschiene oder einen Kupferdraht sich bewegt, so kann theils der Umfang der Atmosphäre, theils die Schnelligkeit des Umschwunges in Betrachtung kommen**). Wollen wir das Bild von Wellen (z. B. rechtsum bewegte süd-

*) Hieran reiht sich eine bequeme Methode, starke elektrische Ströme zu messen. Zwei Kupferschienen werden (gleich Condensatoren) auf einander geschliffen und gefirnißt oder durch gefirnißtes Papier getrennt. Ströme von verschiedener Stärke werden durch die eine Schiene geleitet; der in der anliegenden entstehende inducirte Strom wird durch einen magnetoelektrischen Multiplicator (Schienenmultiplicator) gemessen.

**) Praktische Folgerungen ergeben sich daraus für die Construction der Multiplicatoren. Ein einziger starker magnetischer Atmosphärenschwung, wie vorhin (Nr. I. 1) angeregt, welcher etwa 5° Ausschlag bei der Vorrichtung Fig. 1 giebt, wird durch einen gewöhnlichen Multiplicator von dünnen Drähten so geschwächt, daß er kaum mehr wahrnehmbar ist. Will man ihn verstärken, so muß man einen Multiplicator anwenden von zwei verbundenen in Form einer 8 (oder Schleife) gebogenen Kupferschienen, zwischen welche die Doppelnadel

magnetische und linksum bewegte nordmagnetische im Sinne unseres Bildes Fig. 2) gebrauchen, so treten wir dadurch der gewöhnlichen vom Strom hergenommenen Bildersprache näher. Und wird die Schnelligkeit der magnetischen Schwungbewegung heftig, so können kleine Körpertheile dabei losgerissen werden, was am leichtesten bei Kohlenspitzen gelingt. Diese Losreißung kleiner Theile ist mit Lichterscheinung verbunden und mit Ueberführung der losgerissenen Theile vom positiven zum negativen Pol, welche übergehenden kleinen Theile dann den Kreis wieder schließen, so daß bei sehr starker Kraft ein beständiges theilweises Oeffnen und Schließen des Kreises und in Abhängigkeit davon ein anhaltender Feuerbogen entstehen kann. Unter solchen Bedingungen schließt die elektrische Feuererscheinung sich dem unsichtbaren sogenannten Strom an, welchen wir, den dargelegten Thatsachen gemäß, als magnetischen Spiralschwung aufzufassen berechtigt sind. Bedingt also ist diese Feuererscheinung durch das, was „Leitungswiderstand" genannt wird, d. h. durch einen fortdauernden Kampf des magnetischen Spiralschwunges mit der dadurch aufgeregten Gegenwirkung des Leiters, den er umgiebt. Denn von der Natur des Leiters ist das mit der Verschiebung und Losreißung kleiner Theile zusammenhängende Erglühen desselben abhängig, während umgekehrt durch Erwärmung und die damit verbundene Ausdehnung und Verschiebung der Theile wieder elektrische Ströme (thermomagnetische) hervorgerufen werden können. Da nun die magnetische Spiralschwingung, sowie überhaupt der Magnetismus, gebunden ist an den geschlossenen Kreis, so ist aus diesem Gesichtspunkt unmittelbar klar, was so großes Befremden erregte, daß bei den stärksten elektrischen Strömen der gewaltigsten Volta'schen Säulen doch die angenommene Schlagweite des Funkens sich nicht vergrößern wollte, so daß man sich überzeugen mußte, es sei streng genommen gar keine vorhanden*). — Und da der elektrische Funke von der Abtrennung kleiner durch

---

eingesenkt wird. Ein solcher Schienen-Multiplicator giebt auch, wenn an die Schienenenden eine starke Stange von Wismuth angeschraubt wird, durch bloße Handwärme sogleich einen raschen Ausschlag von 45—50° und darüber. Nimmt man aber eine aus zarten Wismuth- und Antimon-Streifen auf die bekannte Weise zusammengelöthete Thermosäule, so ist dieser Schienen-Multiplicator unbrauchbar; es muß der gewöhnliche aus dünnen Drähten genommen werden, der aber immer viel lebhafter wirkt, wenn die Drähte in Form einer 8 geschlungen sind, so daß die obere Umschlingung auf die eine, die untere auf die entgegengesetzt gelegte Magnetnadel einwirkt. Umgekehrt wird der durch die starke Stange von Wismuth in Contact mit einer Kupferschiene zu erregende Thermomagnetismus nur sehr schwach auf einen mit dünnen Drähten geschlungenen Multiplicator wirken.

*) Davy, der mit dem großen Apparat in der Royal Institution von 2000 vierzölligen Plattenpaaren experimentirte, glaubte die Kohlenspitzen bis zu $^1/_{30}$ oder $^1/_{40}$ Zoll nähern zu müssen, ehe ein Lichtfunke sich zeigte. Offenbar konnte er in so großer Nähe die Berührung nicht vermeiden, während dann bei dem Zurückziehen der Kohlenspitzen der Lichtbogen selbst bis zu 4 Zoll ausgedehnt werden konnte. Daß der Lichtbogen durch übergehende Kohlentheile gebildet wurde, welche den elektrischen Kreis continuirlich öffneten und schlossen, geht daraus hervor, daß der Magnet leichter auf den Lichtbogen einwirkte und ihn lebhafter in Bewegung setzte, wenn er durch dichtere Luft (worin also auch die verflüchtigten Kohlentheile enger zusammengehäuft), als wenn er durch verdünnte ging. De la Rive (in Archives de l'Electr. I. 262), welcher statt der Kohlenspitzen Platinschwamm oder durch Hydrogen reducirtes und in Glasröhren eingestampftes Kupfer am positiven Pol nimmt (während festes Platin am negativen Pol sein kann), macht vorangegangene Berührung und damit verbundene Erhitzung geradezu zur Bedingung eines entstehenden Lichtbogens. Fizeau und Foucault (Ann. de Chimie et de Physique 1844. Sér. III. Tom. XI. p. 382) brachte am positiven Pol

die Heftigkeit des magnetischen Umschwungs losgerissener Theile sich abhängig zeigt, so ist schon dadurch sein Zusammenhang mit krystallinischen Beziehungen angedeutet, indem jede Abtrennung oder Verschiebung elementarer Theile nothwendig dem krystallinischen Gefüge gemäß erfolgt. — Und nun können wir auch verstehen, warum, nach Peltier's Beobachtung, die Drähte spröde werden, selbst wenn schwache, aber lang anhaltende elektrische Ströme durch sie geleitet werden, und warum durch starke discontinuirliche Ströme (d. h. durch raschen entgegengesetzten elektromagnetischen Umschwung und dadurch veranlaßte Oscillation der Elementartheile) selbst Klänge entstehen, deren Intensität bei klingenden Metalldrähten durch Spannung benachtheiligt, bei nicht klingenden durch dieselbe Spannung befördert, ja bedingt wird.

4) Während mit gutem Grunde der Magnetismus unter dem Bilde des geschlossenen Kreises, dem die in sich zurücklaufende Spirallinie sich anschloß, symbolisch dargestellt wurde, so können wir nun (da der elektrische Funke in Abhängigkeit sich zeigt von Abtrennung der Theile) die Elektricität unter dem Bilde des geöffneten Kreises auffassen. Zugleich werden wir durch die so eben in Nr. 3 dargelegten Thatsachen auf krystallinische Beziehungen als Elektricitätsquelle hingewiesen. Da nun der geöffnete Kreis dem geschlossenen, worin jeder Punkt zugleich Anfangspunkt und Endpunkt, entgegengesetzt ist eben durch das Hervortreten eines Anfangs- und eines Endpunktes, so wird schon durch diese unsere Symbolsprache es angedeutet, unter welchen Modificationen wir die Forderung anerkennen dürfen, Magnetismus und Elektricität aus demselben Princip abzuleiten. Während es im Sinne des geschlossenen Kreises liegt, daß die magnetische Polarität stets an einem und demselben Individuum auftritt, so sind doch selbst in den elektrischen, beide Pole in sich vereinigenden, Krystallen diese Pole an verschiedene, durch Verletzung der Symmetrie sich auszeichnende Formen gebunden. In den meisten Fällen treten die sich gegenseitig bedingenden Elektricitäten, wie die des Reibzeugs und des geriebenen Körpers, wohl neben einander, aber nicht in demselben Individuum auf. Ja man könnte sagen, daß dem Symbol des geöffneten Kreises sich der Gedanke anschließe an die Bedeutsamkeit der Spitzen, die so einflußreich sind bei der Elektricität, während sie ganz bedeu-

---

Silber, am negativen Kohle an; das Silber schmolz und destillirte vom positiven Pol zur Kohle über; dann konnte man die Kohle entfernen vom Silber, ohne den leuchtenden Bogen zu unterbrechen. Wurden zwei Kohlenspitzen gebraucht, so ging gleichfalls die Kohle vom positiven zum negativen Pol über und setzte hier in veränderter Gestalt, nämlich graphitartig, sich an. Sturgeon (in den Ann. of Electr. III. 507, übers. in Pogg. Ann. Bd. XLIX. S. 122) hebt ausdrücklich hervor, daß selbst bei 300 Plattenpaaren er keine merkliche Schlagweite erhalten konnte, wenn nicht die Polarleiter zuvor in Contact gebracht und dann erst zurückgezogen wurden. Sind die Leiter an den Polen in einem kleinen Abstande von einander befestigt und man entladet durch den Zwischenraum eine Leydener Flasche, so findet dann auch die Volta'sche Entladung statt und setzt sich fort. Offenbar ist es hier der Flaschenfunke, welcher die erste Losreißung kleiner Theile bewirkte. — Analoge Versuche stellte Van Breda im luftleeren Raume an (s. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences vom 31. Aug. 1846. Tom. XXIII. p. 462), und selbst wenn die Drähte nach mikrometrischer Messung $^1/_{400}$ Millim. nahe gebracht waren, ging kein Funke über, wenn nicht zuvor Contact stattgefunden hatte und dann der Uebergang losgerissener Theile von einem Pole zum andern begann.

tungslos sind bei dem Magnetismus, wenigstens in seiner Wirkung auf Eisen und die magnetischen Metalle überhaupt *).

5) Mit krystallinischen Beziehungen und einer damit zusammenhängenden Spannung und Verschiebung kleiner Theile hängt die durch Druck, z. B. des Doppelspathes, aber auch mehrerer anderer Körper zu erregende Elektricität zusammen. Und hieran reiht sich die gleichfalls mit krystallinischen Beziehungen (z. B. der Sprödigkeit des Glases) zusammenhängende Reibungselektricität **). Hierbei sehen wir öfters bedeutende Schlagweiten des die Luft (die allerdings bloß als relativer Nichtleiter zu betrachten) durchbrechenden elektrischen Funkens. Der eigenthümliche Geruch, welcher zugleich mit dem Erscheinen des elektrischen Feuers hervortritt, hat schon längst die Aufmerksamkeit erregt und wurde von einigen Physikern aus der Losreißung kleiner Körpertheile durch die Elektricität erklärt, während Schönbein's Ozon noch mehr die Aufmerksamkeit auf diesen merkwürdigen elektrischen Geruch hingelenkt hat. — Die Anwendung aber unserer bisherigen, auf peripherische magnetische Spiralschwingung sich beziehenden Betrachtungen auf den Blitz, oder den gemeinen elektrischen Funken, läßt sich durch folgenden Versuch rechtfertigen. Durch die Stöpsel, womit eine Glasröhre verschlossen ist, gehe von beiden Seiten ein leitender starker Kupfer- oder Messingdraht. Eine Unterbrechung der Leitung kann nach Gefallen stattfinden in irgend einer Stelle, etwa m n Fig. 3, wo ein dünnes seidenes Band so umgeschlungen ist, daß im Kreis umher (bei A) mit Leichtigkeit kleine dünne Nähnadeln durchgesteckt werden können, in der Art, daß Oehr und Spitze regelmäßig, z. B. rechtsum laufend, sich folgen. Auf ähnliche Weise seien an einer andern Stelle (bei B) ganz gleiche Nadeln, aber linksum laufend angesteckt, wie solches in der Zeichnung bildlich durch Pfeilspitzen, welche die Spitzen der Nähnadeln andeuten sollen, bezeichnet ist. Nun schlage ein Flaschenfunke von oben nach unten durch den Draht in der Röhre. Alle Nadeln im Kreise A, worin die Folge von Oehr und Spitze rechtsum laufend erscheint, werden an der Spitze nordmagnetisch, am Oehre südmagnetisch sein. Umgekehrt sind die Spitzen südmagnetisch und die Oehre nordmagnetisch im andern Kreis, in welchem linksum laufend die Folge von Oehr und Spitze sich darstellt. Leicht bietet sich auch der Gedanke dar, daß man die Spitze der einen Nadel unmittelbar an das Oehr oder die Mitte der folgenden legen könne, um sich zu überzeugen, daß derselbe Funke an derselben Stelle Nordpolarität oder Südpolarität oder Indifferenzzone hervorbringen könne. — Die ganze Erscheinung kehrt sich um,

(3)



*) Anders ist es bei der Wirkung des Magnetismus auf die Flamme, sowie auf Wismuth rc., wobei auf eine neue Weise das Verhältniß des Magnetismus zu krystallinischen Beziehungen hervortritt. Vorläufig können wir hier bloß verweisen auf die im Intelligenzbl. zur Allg. Lit.-Zeit. Sept. 1848. Nr. 34. S. 254 u. 255 dargelegten Thatsachen.

**) Dieser Reibungselektricität schließt die vorhin (in Nr. 3 zum Schluß) erwähnte Einwirkung discontinuirlicher Ströme auf Metalldrähte sich an, wobei Sprödigkeit entsteht und selbst Klänge hervortreten. Wenn diese discontinuirlichen Ströme auf zahlreiche Multiplicatorwindungen durch Induction (also in dem vorhin Nr. 2 c bezeichneten Sinn) einwirken, so entstehen der Reibungselektricität analoge Funken, welche Schlagweite zeigen und bei ungeschlossener Kette auf das Elektrometer einwirken. Vergl. Sinsteden's Abh. in Poggend. Ann. 1846. Bd. LIX. S. 353.

und die vorher durch den von oben nach unten schlagenden Funken magnetisirten Nadeln verlieren entweder den erhaltenen Magnetismus, oder nehmen bei hinreichend starker Kraft des elektrischen Funkens sogleich den entgegengesetzten Magnetismus an, wenn der Funke, der anfänglich von oben nach unten schlug, nun von unten nach oben schlägt. — Nimmt man noch dazu, daß jenes Oben und Unten, worauf hier Alles (selbst mit Beziehung auf den Begriff rechtsum und linksum) ankommt, sobald die Röhre horizontal gelegt wird, bedeutungslos erscheint, so wird man wohl die Unmöglichkeit begreifen, die Sache durch die Wortsprache zu erläutern, während bloß die Bildersprache alle die verwickelten Beziehungen, welche hier nicht nach einander (was die Wortsprache allein erreichen kann), sondern mit einander in demselben Moment aufgefaßt werden müssen, mit einem einzigen Blicke dem Auge darzustellen vermag.

6) Man lege zu dem angegebenen Zwecke unser Symbol (Fig. 2) in die vertical gehaltene Röhre in der Art, daß die Köpfe nach oben zu liegen kommen, vorausgesetzt, daß der Batteriefunke von oben nach unten schlägt; und man sieht mit einem einzigen Blicke, daß die dargelegten Erscheinungen diesem Typus gemäß erfolgen, so nämlich, als ob ein Nordpol linksum, ein Südpol rechtsum im Kreise gedreht werde. Man begreift dadurch die tangentielle magnetische Einwirkung auf jede Nadel, welcher man das Symbol zudreht. Von einem peripherischen Phänomen ist die Rede, und darauf also kommt es an, an jedem Punkte die Natur der perpendicular zur Richtung des elektrischen Funkens aufblitzenden magnetischen Tangente zu bestimmen, was so leicht vermittelst unsers Symbols geschieht. — Setzen wir Bekanntschaft mit diesem peripherischen Magnetismus des elektrischen Funkens voraus, so brauchen wir nicht mehr zur links sich drehenden Figur den Buchstaben N (zur Bezeichnung des Nordmagnetismus), zur rechts sich drehenden den Buchstaben S (zur Bezeichnung des Südmagnetismus) zu schreiben, sondern wir zeichnen dafür zwei Sterne (zur Andeutung des Blitzfunkens als eines durch die Vereinigung der zwei entgegengesetzten Elektricitäten hervorgerufenen Feuers — gleichsam Zwillingsfeuers — über die Häupter der Figuren, wodurch die gewöhnliche Bewegung des Blitzes von oben nach unten angedeutet wird. Denn wir werden uns offenbar zunächst an die gewöhnliche Erscheinung des Blitzes anzuschließen haben, da von der Erde aufsteigende Blitze nur selten vorkommen. Und in diesem Sinne sieht man, wie unsere Zeichensprache, welche in Fig. 2 der Schriftsprache noch nicht gänzlich entbehren konnte, zu einer von dieser Schriftsprache ganz unabhängigen, der geometrischen analogen Bildersprache (Allgemeinsprache, wissenschaftlichen Hieroglyphenschrift) wird.

(4)



Anmerkung. In die theoretischen Streitigkeiten über positive und negative Elektricität und die Art der entgegengesetzten Bewegung beider (wobei nur die Bewegung der positiven Elektricität die Richtung des sogenannten Stroms bestimmen soll) brauchen wir uns bei der angegebenen Bildersprache nicht einzulassen. Es genügt uns die Thatsache, daß der Blitz (selbst wenn er eine halbe Meile durchläuft) vom ersten Anfang an als Vereinigung beider Elektricitäten zu betrachten sei. Daß er im Zickzack sich bewegt, ist der Idee eines Stromes wenig günstig, wird aber leicht erklärt, bei

dem Anblick unseres Bildes, durch die Wirkung des Erdmagnetismus auf diesen magnetischen Spiralschwung, der, wie so eben nachgewiesen wurde, zum Wesen des elektrischen Funkens oder Blitzes gehört. Selbst die bekannte Erscheinung, daß der durch ein Kartenblatt schlagende Funke nach entgegengesetzten Seiten dasselbe ausfranst, läßt sich als Wirkung einer Durchbohrung durch Spiralbewegung auffassen. Und selbst Blitzwunden verrathen durch Zurückschiebung der Haut nach entgegengesetzten Seiten den Ausdruck dieser doppelten Spiralbewegung (Journ. d. Ch. u. Phys. Bd. XXXIX. S. 134. 135). Im Sinne dieser Auffassungsweise mögen wir den Blitz durch Fig. 5 darstellen, und wenn man die entgegengesetzten Spiralbewegungen der beiden Elektricitäten bezeichnen will, etwa in der Art wie Fig. 6, wo das Zusammenkommen entgegengesetzter Spiraldrehungen (welche nicht füglich in einander hinein sich zeichnen lassen) bloß angedeutet wird als gleichsam verborgen unter der Hand, in deren Idee selbst eine auf links und rechts sich beziehende Wirksamkeit enthalten. — Man sieht indeß, daß die bloße Zeichnung einer Spirale zur Verständigung bei so verwickelten Erscheinungen nicht ausreicht, obwohl man sich öfters im Sinne der Ampère'schen Theorie eines kleinen Stockes, um den spiralförmig ein Band gewunden, zur Verständigung in einzelnen Fällen bediente. Diese der Zeichnung Fig. 5 analoge Vorrichtung sollte dienen als Symbol des Magnetstabes, den die Ampère'sche Theorie als elektrische Spiralschwingung auffaßt. Aber elektrische Spiralbewegung vermögen wir ohne künstlich angeordnete Leiter und Isolatoren uns nicht zu denken, geschweige sie factisch darzustellen. Magnetische Spiralschwingung aber haben wir wirklich dargestellt bei dem Versuche, von welchem wir hier ausgingen. Und ebenso gründet sich auf bestimmte Thatsachen, was man als Leitungswiderstand bezeichnet, wodurch wir von unserm Schwungmagnetismus, also von dem der Schwere analogen Alles durchdringenden (d. h. immateriellen) Princip des Magnetismus zu materiellen, ja selbst krystallinischen Beziehungen gelangten, während die so wichtige Krystallelektricität der Ampère'schen Theorie gänzlich entfremdet ist.

(5)



(6)



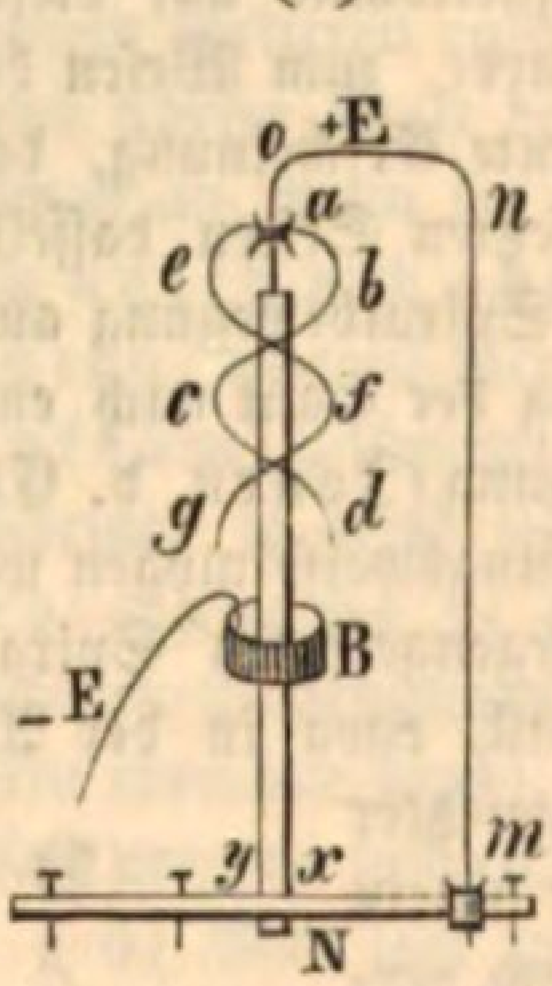
II. Figurenzeichnung mit Beziehung auf einzelne elektromagnetische oder magnetoelektrische Phänomene.

1) Es ist hier in Fig. 7 eine Vorrichtung gezeichnet analog einem Hermesstabe. Das Wesentliche derselben besteht darin, daß eine Spirale (die einfach oder doppelt nach entgegengesetzten Richtungen gewunden sein kann) sich frei um einen Magnetstab bewegen könne, während der elektrische Strom in dieselbe eingeleitet wird. Die Spirale muß also mit einer kleinen Schale zusammenhängen, welche auf einer isolirten Spitze beweglich ist. In die Schale wird ein Tropfen Quecksilber gebracht, in welchen man die Elektricität einleitet, während sie abgeleitet wird an der Indifferenzzone des Magnets. Die bequeme Vorrichtung zu diesem Zwecke kann jeder leicht sich selbst ausdenken, wie sie z. B. in Fig. 8 angedeutet ist. Es stellt hier a die kleine bewegliche Schale vor, welche auf einem kleinen Hute von Glas oder Achat sich dreht, der sie zugleich isolirt; B ist die mit Quecksilber gefüllte Schale in der Indifferenzzone des Magnets. Der Magnetstab kann rund oder viereckig, auch, um desto kräftiger zu

(7)



(8)



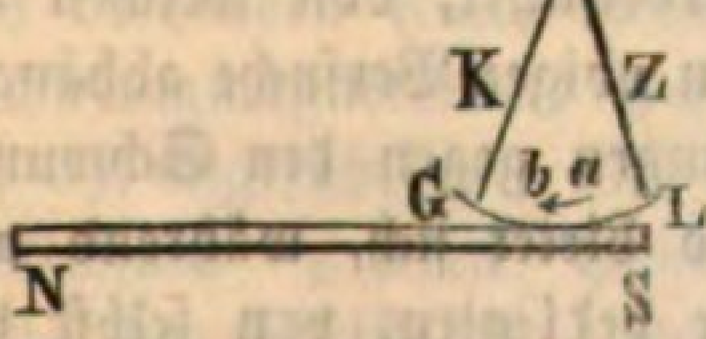
wirken, ein magnetisches aus Stahlschienen zusammengesetztes Magazin sein. Er wird zwischen zwei zusammengeschraubten Bretchen x y am Stativ gehalten, das mit Stellschrauben versehen ist. Schon dadurch ist es möglich, dem Magnet die angemessene Stellung zu geben, selbst wenn bloß ein umgebogener Kupferdraht m n o angewandt wird, dessen Spitze in das Quecksilber der Schale a eintaucht. Je stärker der Magnet, desto besser ist es. Sehr kräftig und Funken gebend muß auch der elektrische Strom sein aus mehrgliederigen Ketten, etwa 4—6 Gliedern einer Kohlenbatterie von Bunsen gebildet. Der spiralförmige Draht sei so leicht um den Stab beweglich, daß er durch einen Hauch in Drehung gesetzt werden kann, zugleich auch so nahe am Magnet, daß er bei leichtem Wanken momentan den Magnet berührt, wodurch die Kette geschlossen und das Hervortreten von Funken veranlaßt wird. Gesetzt, der Magnet sei in einer der Erdanziehung entsprechenden Lage, nämlich mit dem Nordpol nach unten gekehrt, und es ströme die Elektricität von oben nach unten oder +E werde in a eingeleitet. Um nun den Erfolg vorherzusagen vermittelst unserer Bildersprache, wird das Bild in der Art angelegt, daß die Köpfe bei a zu liegen kommen, die Füße in der Windung entweder der rechts oder der links umlaufenden Spirale. Der Magnet wirkt offenbar zunächst auf die innerhalb der Spirale liegenden elektromagnetischen Tangenten, deren Natur durch das gegen den Magnet hingewandte Bild bezeichnet wird. Das Symbol des Nordmagnetismus (in links sich drehender Figur) deutet auf Anziehung zu dem emporgerichteten Südpol, das Symbol des Südmagnetismus (in rechts sich drehender Figur) auf Abstoßung. In welche von den beiden Spiralwindungen man auch das Bild auf die bezeichnete Weise legen mag, so wird dadurch unter den angegebenen Nebenbeziehungen (dem emporgerichteten Südpol und dem Laufe des elektrischen Stromes von oben nach unten) eine Bewegung der Spirale linksum angedeutet. Man sieht daraus, daß in diesem Fall entgegengesetzt laufende elektrische Ströme (sei es, daß sie durch die rechtsum gewundene Spirale a b c d oder durch die linksum gewundene a e f g sich bewegen) ganz gleichartig wirken, was man nicht erwarten sollte im Sinne der Ampère'schen Theorie. Und da Ampère auf seinem rein mechanischen Standpunkte eine continuirliche elektromagnetische Drehung nur durch Vermittelung einer Flüssigkeit auf eine sehr verwickelte Weise begreiflich zu machen sucht, so bietet sich hier eine andere Erklärungsweise dar. Denn allerdings müssen anziehende und abstoßende Kräfte, die gleichmäßig und continuirlich fortwirken, den mechanischen Principien gemäß sich auf irgend eine Art ins Gleichgewicht setzen. In der That aber sehen wir, daß in unserm Falle die Wirkung der Kräfte keine continuirliche sei. Es handelt sich nämlich von unterbrochenen einzelnen elektrischen Funken, welche rasch nach einander folgen und wobei jedesmal der aufgerichtete Südpol des vertical stehenden Magnets den Südpol der horizontal aufblitzenden, ihm zunächst liegenden elektromagnetischen Tangente abstößt und den Nordpol derselben anzieht. — Eben weil uns dieser Versuch als einer der schönsten elektromagnetischen, die man sehen kann, zugleich den Grund der continuirlichen Drehungen recht deutlich vor Augen stellt, kann er als ein primitiver Versuch betrachtet werden. Wirklich ist es in andern

Fällen bei ähnlichen continuirlichen Drehungen nicht sogleich einleuchtend, daß von einem unterbrochenen Strome die Rede sei. Läßt man z. B. den über dem Magnete frei beweglichen horizontalen, am Ende etwas herabgebogenen Draht sich in Wasser bewegen, oder in Quecksilber, so erfolgt gleichfalls fortdauernde Drehung; und scheinbar wird dieselbe von einem continuirlichen, durch das Wasser oder das Quecksilber gehenden elektrischen Strome bewirkt. Erwägen wir aber, daß in jedem Fall, es mag von salzigem oder saurem Wasser die Rede sein, bei der erfolgenden chemischen Zersetzung eine secundäre Kette gebildet wird, so wird es einleuchtend, daß der *Gegenstrom* der secundären Kette in *Kampf* kommt mit dem *primitiven* Strome und momentane Unterbrechungen durch den chemischen Proceß (indem die negative Säure zum positiven Polardrahte, die positive Base zum negativen Polardraht übergeht) herbeigeführt werden. — Dreht sich aber der elektrisirte Draht im Quecksilber, so wird man nicht leugnen können, daß positiv elektrisirte Quecksilbertheile vom positiven zum negativen Draht und umgekehrt übergehen, wodurch gleichfalls jene *momentane Unterbrechung* veranlaßt wird, wovon wir die Fortdauer der Drehung ableiten, während wir späterhin noch eine andere Gegenwirkung (nämlich die magnetoelektrische gegen die elektromagnetische) kennen lernen werden, so daß also bei dem elektrischen sogenannten Strome in mehr als einer Beziehung die Bedeutsamkeit dessen hervortritt, was wir schon vorhin als *Kampf mit dem Leiter* bezeichnet haben, während der sonst gewöhnliche Ausdruck *Leitungswiderstand* bloß etwas negativ, nicht positiv Entgegenwirkendes anzudeuten scheint.

Unter diesen Umständen ist also, was man elektrischen Strom nennt, stets aufzufassen als eine Folge von einzelnen Blitzen. Je rascher diese Folge, oder je mehr die einzelnen Unterbrechungen als verschwindende Größen betrachtet werden können, desto mehr entsteht, was man als continuirlichen elektrischen Strom bezeichnen mag. — Aber darum gelingt die so eben besprochene continuirliche Drehung eines elektrisirten Drahtes im Quecksilber am besten mit einfacher Kette und mißlingt bei der vielgliederigen, eine viel schnellere Folge von Blitzen hervorrufenden Kette; oder (wie man sich ausdrückt, aber im Sinne der geltenden Theorien so leicht nicht verständlich machen kann) das Phänomen der continuirlichen Drehung im Quecksilber ist von der Masse, nicht von der Schnelligkeit des elektrischen Stromes abhängig.

2) Wie gewaltige Drehungen im Wasser durch Zusammenwirkung der Elektricität und des Erdmagnetismus hervorgerufen werden können, zeigen die den Schiffern so gefährlichen Wasserhosen. Der einfachste Versuch, im kleinen Maßstabe elektromagnetische Drehungen in Flüssigkeiten darzustellen, ist folgender: Es bezeichne in Fig 9 GL ein kleines Uhrglas, worein man nur etwas weniges verdünnte Salpetersäure (Scheidewasser) gießt. Man schabe darauf von einem Stückchen Schwefel oder Kohle kleine Staubtheilchen, um die anzuregende Bewegung der Wassertheile wahrnehmbar zu machen. Ein Zinkdraht und ein Kupferdraht im metallischen Contact (etwa eine halbe Linie dick) berühren mit ihren Enden die ins Uhrglas (das auf den Pol eines Magnets, z. B. den *Südpol*, gesetzt ist) eingegossene dünne Schicht Scheidewasser. Alsobald wird die Flüssigkeit um *Zink*

(9)



linksum, um Kupfer rechtsum sich drehen. — Daß solches so erfolgen müsse, lehrt ein Blick auf unsere Bildersprache. Denn da nach gewöhnlicher Sprachweise der elektrische Strom in der Flüssigkeit von Zink zu Kupfer in der Richtung des Pfeiles a b sich bewegt, so ist unser Symbol in diese Richtung so hineingelegt zu denken, daß, gegen den Magnet hingewandt, die Köpfe bei a, die Füße bei b zu liegen kommen. Der Südpol des unten liegenden Magnets übt auf die ihm zunächst liegende aufblitzende elektromagnetische Tangente dadurch einen Stoß aus, daß er die Nordpolarität anzieht. Jeder perpendicular gegen a b gerichtete Stoß muß aber nothwendig eine entgegengesetzte Drehung der Flüssigkeit um die entgegenstehenden Drähte Z und K veranlassen. Von welcher Seite her dieser Stoß erfolge, lehrt der Anblick unsers, gegen den Südpol des unten liegenden Magnets in der bezeichneten Lage gewandten Symbols. Daraus ergiebt sich zugleich, daß der entgegengesetzte Stoß erfolgen (oder sich die Flüssigkeit um Kupfer linksum, um Zink rechtsum bewegen) werde, wenn der Südpol über das Uhrglas gehalten wird, weil (was unmittelbar durch die Drehung unsers Symbols bezeichnet wird) die obere (nun dem Südpol des Stahlmagnets zunächst liegende) elektromagnetische Tangente der untern entgegengesetzt ist. Verdoppelt also wird die Wirkung werden, wenn, während der Südpol unter dem Uhrglase liegt, ein Nordpol über dasselbe gehalten wird. Offenbar wird also bei diesem Versuche das vom Zinkdrahte positiv, vom Kupferdrahte negativ elektrisirte Wasser durch die Elektricität, womit dasselbe verbunden, in entgegengesetzte Drehung gesetzt. Demnach dreht sich unter dem Einflusse eines von unten herauf wirkenden Südpols die positive Elektricität linksum, die negative rechtsum. Und dasselbe muß also auch da gelten, wo wir diese Drehung nicht unmittelbar wahrnehmen können, nämlich bei der Vereinigung der beiden Elektricitäten im Blitze. Auch hierbei wird unter dem Einflusse des magnetischen Südpols der Erde auf unserer nördlichen Halbkugel die positive Elektricität sich linksum, die negative rechtsum drehen müssen.

In mehr als einer Beziehung ist also der eben beschriebene, auf continuirliche Drehung des elektrisirten Wassers sich beziehende Versuch beachtenswerth und verdient (wozu noch ein specieller, nachher anzuführender Grund uns aufruft) durch eine besondere Zeichnung dargestellt zu werden in unserer Bildersprache. Dazu aber bedürfen wir offenbar neuer Figuren, welche den bisher gebrauchten auf eine naturgemäße Weise sich anschließen. Es ist nämlich

a) Hindeutung nothwendig auf die von unten herauf wirkende südmagnetische Kraft, wozu eine in die Tiefe deutende Figur in unserer nördlichen Halbkugel dienen kann.

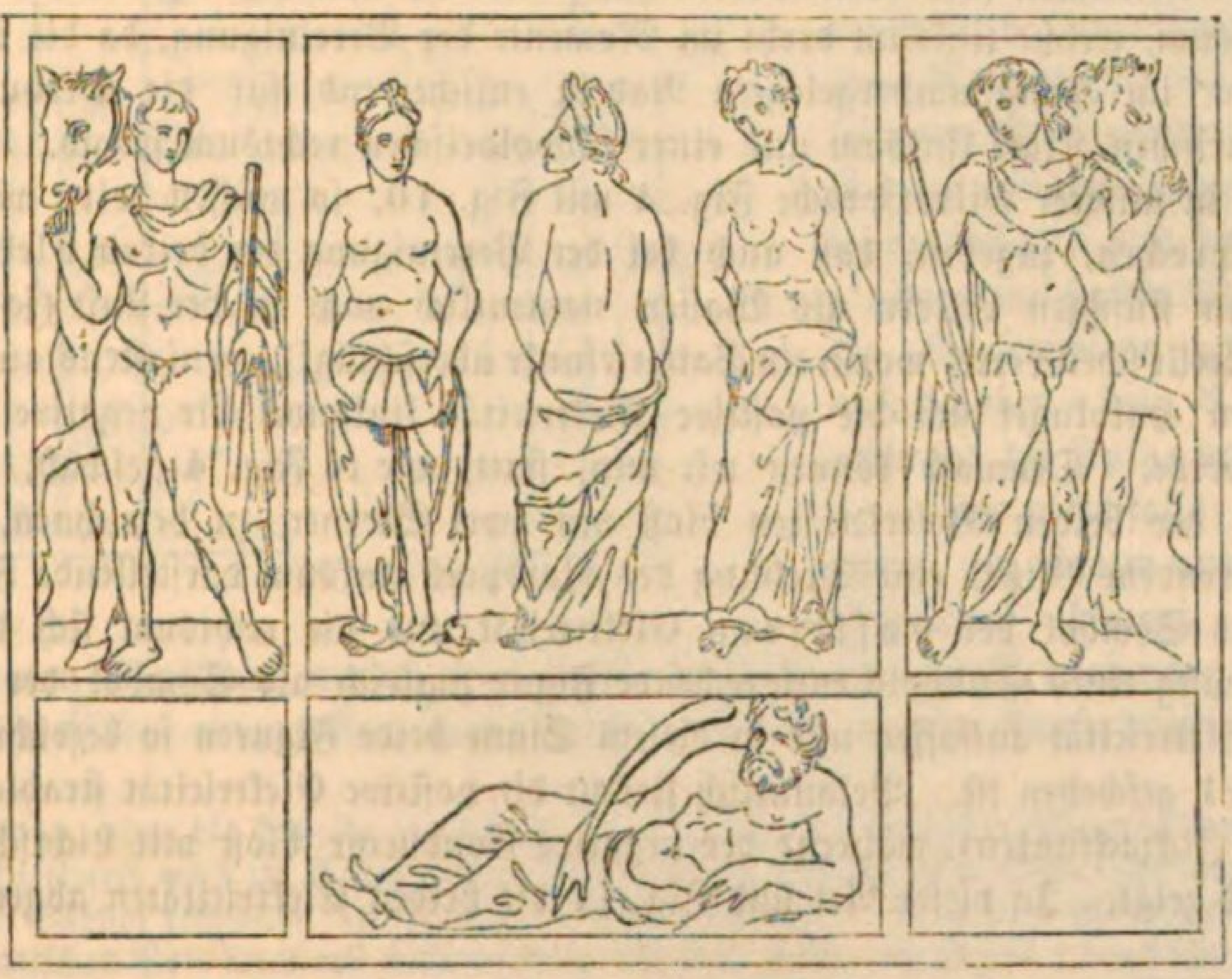
b) Ebenso unumgänglich nothwendig ist die Bezeichnung dessen, was man im Sinne jeder elektrischen Theorie den Leitungswiderstand nennt. Denn wie wir sahen, ist es eben die Gegenwirkung des Leiters, welche momentane Unterbrechungen des magnetischen Spiralschwunges (sogenannten elektrischen Stromes) und dadurch jene immer neuen Impulse der Kraft herbeiführt, von welchen die continuirliche entgegengesetzte Drehung der Flüssigkeit im obigen Versuche abhängig ist. Soll nun diese Gegenwirkung materieller Beziehungen gegen den Schwungmagnetismus in der Figurensprache bezeichnet werden, so bietet sich, während wir uns bisher mit gutem Grunde der menschlichen Figur bedienten, von selbst der Gedanke dar an den Gegensatz des Thierischen und des Menschlichen. Und na-

mentlich kann in unserm Falle das willig folgende oder sich sträubende Pferd als Bild eines vollkommneren oder unvollkommneren Leiters gelten, d. h. hier als Bild der Fortsetzung oder der momentanen Unterbrechung der Bewegung. — Demnach werden die bisher gebrauchten Figuren nun zu verbinden sein mit Pferden, die ihrer drehenden Bewegung entgegenstreben. In der Art können wir die momentane Unterbrechung des geschlossenen magnetischen Kreises bezeichnen, wodurch dem vorhin (I. 3) Dargelegten gemäß bei dem Schwungmagnetismus erst zur Erscheinung gebracht wird, was wir Elektricität nennen.

c) Da aber die Drehung der positiven und negativen Elektricität bloß durch Vermittelung einer Flüssigkeit, worin eine positive und eine negative Zone sich bildet, wahrnehmbar gemacht wird, so bedürfen wir auch des Symbols einer Flüssigkeit, zu welchem Zweck auf Flüssigkeit deutende Schalen nicht ausreichen können, weil zugleich entgegengesetzte Drehung der Flüssigkeit bezeichnet werden soll. Demnach sind drehende Figuren, welche solche Schalen tragen (Nymphen), nothwendig zu zeichnen.

Ganz naturgemäß also wird durch die dargelegte Betrachtung die hier stehende Zeichnung herbeigeführt werden, die nun keiner weitern Erklärung mehr

(10)



bedarf. Man sieht, daß neben der rechts sich drehenden Figur ein Pferd steht, welches dieser Bewegung widerstrebend links sich drehen will, und neben der links sich drehenden Figur steht ein rechts sich drehendes Pferd. Dieser Kampf des Schwungmagnetismus gegen materielle Beziehungen ist es, welcher bei den vorhin (I. 3) angeführten, auf feste Leiter sich beziehenden Versuchen die Erscheinung elektrischer Funken hervorrief. Hier aber ist es die chemische Gegenwirkung der Flüssigkeit, welche diesen Kampf herbeigeführt. Wir bezeichnen diese Gegenwirkung als eine elektrochemische, indem wir sagen, die positive Base

trete der negativen Elektricität, die negative Säure der positiven Elektricität entgegen, momentan also den Gegensatz ausgleichend. Hierdurch wird zugleich eine Zonenbildung in der Flüssigkeit herbeigeführt, welche von unserer Bildersprache deutlich genug durch die der bewegenden Kraft folgsame Drehung der nächststehenden Nymphen und die indifferente oder von beiden abgewandte Stellung der mittlern Nymphe bezeichnet ist.

Da dieselbe Zonenbildung in jedem Glied einer Volta'ischen Säule eintritt, so wird es dadurch sogleich einleuchtend, wie wunderlich der Streit sei, ob die Wirkung der Volta'ischen Säule vom Contact heterogener Leiter oder vom chemischen Proceß abhänge. Offenbar sind doppelte Elektricitätsquellen nothwendig, wenn durch deren entgegenstehende Bewegung ein Kreislauf der Elektricität entstehen soll. Oder mit andern Worten: was wir fortdauernden Strom der Elektricität nennen, ist die der Entladung (durch sichtbare oder unsichtbare Funken) unmittelbar folgende neue Ladung, d. h. der elektrische Strom ist eine Reihe elektrischer Blitze *), deren Unterbrechung zugleich das Hervortreten neuer Blitze bedingt.

3) Wenn sich nun unser Symbol Fig. 2 auf die durch Stahlmagnetismus zu erregende Spiralschwingung der beiden magnetischen Pole, Fig. 4 aber auf dieselbe durch den herabfahrenden Blitz oder elektrischen Funken zu erregende magnetische Spiralschwingung bezog, so läßt sich in dem letztern Falle fragen, welche von beiden Elektricitäten (als deren Vereinigung wir den elektrischen Funken betrachten) sich rechtsum, welche linksum dreht im Momente der Vereinigung, da die Magnetisirung der im Kreis umhergelegten Nadeln entscheidend für die Drehung einer nordpolarischen Kraft linksum und einer südpolarischen rechtsum sprach. Vergleichen wir in unserer Bildersprache Fig. 4 mit Fig. 10, so müssen wir, wie vorhin schon besprochen, zugeben, daß auch bei der Vereinigung der beiden Elektricitäten in andern flüssigen Leitern als Wasser, namentlich auch in der Luft (ja selbst in der Torricelli'schen Leere, worin ein Batteriefunke überschlägt), wenigstens auf unserer nördlichen Halbkugel sich die positive Elektricität linksum, die negative rechtsum drehen werde. Demnach können wir nun, statt, wie es Fig. 4 geschah, die Vereinigung der beiden Elektricitäten bloß mit zwei Sternen zu bezeichnen, die, bei herabfahrendem Blitze, eine Drehung des Nordpols linksum darstellende Figur zugleich als Symbol der positiven Elektricität und die rechtsum sich drehende, der Drehung eines Südpols entsprechende Figur zugleich als Symbol der negativen Elektricität auffassen und in diesem Sinne beide Figuren so bezeichnen, wie es Fig. 11 geschehen ist. Bekanntlich strömt die positive Elektricität strahlenförmig aus (im Zickzackfunken), während der negative Conductor bloß mit Lichtschein umgeben sich zeigt. In dieser Art sind Fig. 11 die beiden Elektricitäten abgemalt **).

*) Diese schnelle Folge elektrischer Lichtblitze bei der Wasserzersetzung kann selbst dem Auge sichtbar dargestellt werden, wenn man sehr dünnen Metalldraht und sehr starke Elektricität anwendet, indem die sich entbindenden Gase nun leuchtend hervortreten, welches Leuchten, nach Fizeau's und Foucault's vorhin (Note zu I. 3) angeführter Abhandlung, vorzüglich am negativen Leiter stattfindet.

**) Da wir hier nochmals auf den Grundtypus unserer Bildersprache zurückgekommen, so mag es zweckmäßig sein, nebenbei an einen im edelsten Sinne mystischen Versuch zu erinnern, der nur klar aufzufassen ist mittelst dieser Bildersprache. Man denke sich eine kreisförmige Stahlscheibe in der Mitte durchbohrt. Ein mit Siegellack überzogener starker Kupferdraht gehe durch diese Oeffnung in der Mitte der Scheibe, so daß ein Flaschenfunke durch-

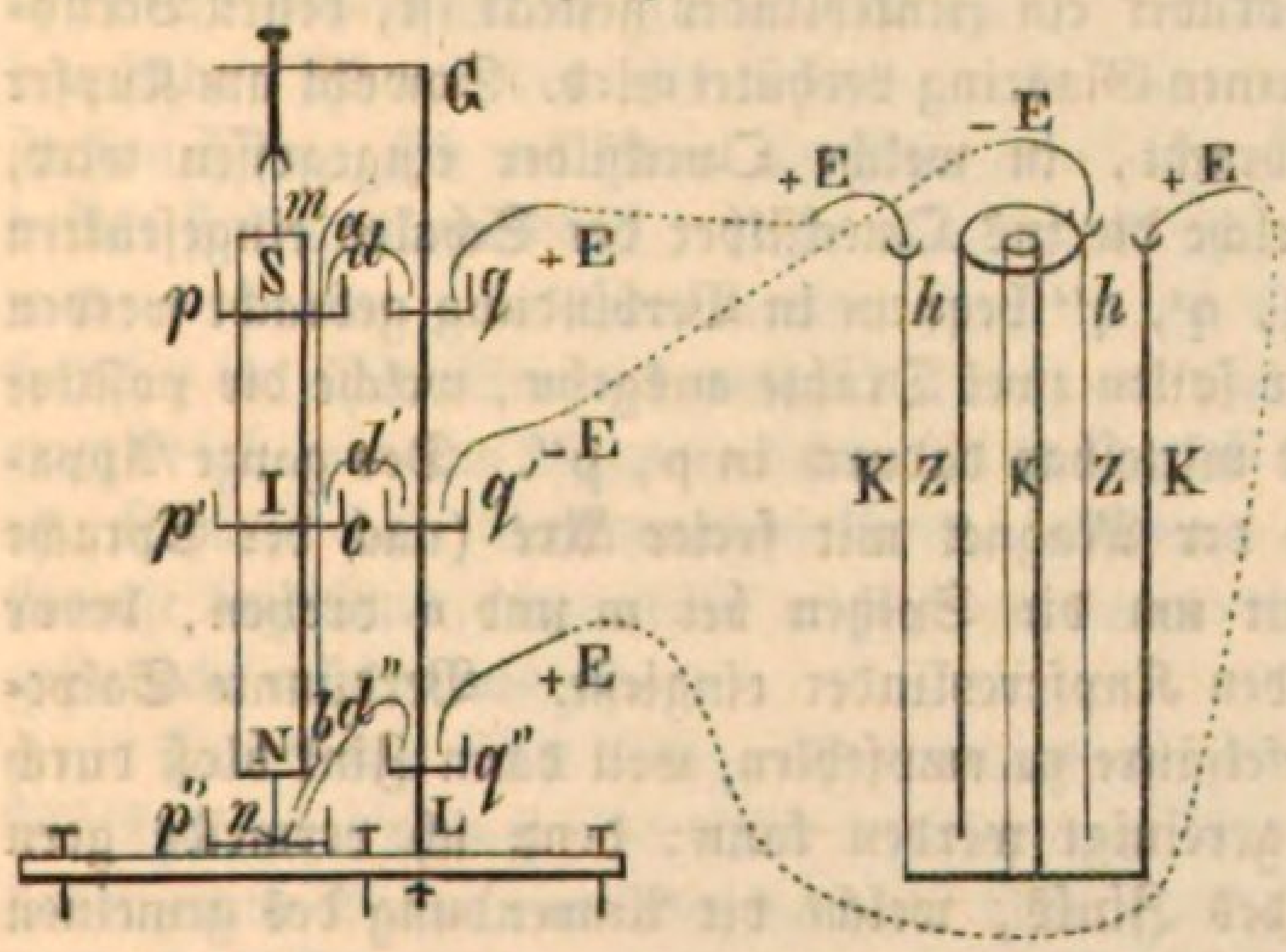
(11)



Nebenbei mögen wir auch an die **Lichtenbergi**schen Figuren uns erinnern, wobei die positive Elektricität strahlig, die negative wolkig sich darstellt. Wo es also nicht angemessen, beide Elektricitäten durch das Bild ihrer Lichterscheinung darzustellen (da z. B. der durch Fig. 10 angedeutete Versuch, wie wir sahen, selbst bei einfacher, keineswegs Funken gebender Kette gelingt), so können wir das Symbol der negativen Elektricität durch stärkere Umhüllung charakterisiren und damit einen abgestumpften oder nicht mit einer Spitze versehenen Speer verbinden, während das Symbol der positiven Elektricität einen Speer trägt mit zugespitzter Lanze.

4) Wir kommen zu einem andern merkwürdigen elektromagnetischen Versuche, welcher gleichfalls verdient, in einem besondern Bilde dargestellt zu werden. Ein viereckiger Magnet (an dessen Stelle auch ein aus Stahlschienen zusammengesetztes magnetisches Magazin gesetzt werden kann) drehe sich um zwei Spitzen m und n, so leicht als möglich. Die nordpolarische, südpolarische und Indifferenz-Zone sind durch N, S, I bezeichnet. Neben dem Magnet sei isolirt (mit seidenem Band umwunden) eine Schiene von Kupfer angebracht; leichte Schalen von Holz, p und p′, durch welche der Magnet und die Kupferschiene gehn, sind aufgeschoben bei S und I, während die Spitze der Schiene a c b sich gleichfalls in einer unten am Stativ angebrachten Schale p″ bewegt. G L bezeichne einen Glasstab, woran drei Korke verschieblich mit Vertiefungen versehen, damit Quecksilber eingegossen, zugleich aber auch umgebogene Kupferdrähte d, d′, d″

(12)



schlagen kann, ohne die Scheibe anders als durch seinen peripherischen Magnetismus zu afficiren. Hierdurch wird im Sinne unsers Symbols ein magnetischer Spiralschwung angeregt, wobei der Südpol rechtsum, der Nordpol linksum schwingt. Aber diese Wirkung der bewegten magnetischen Pole kann erst wahrnehmbar werden, wenn die Scheibe durchschnitten wird, selbst wenn solches erst nach Jahren geschieht. Die Seite, von welcher der Funke herschlug, braucht bloß (mit +) bezeichnet zu sein, und man wird sogleich die Art des beim Aufschneiden vielleicht erst nach zehn Jahren hervortretenden Magnetismus durch unser Symbol vorhersagen können. Man erkennt hieraus an einem neuen Beispiele die Unentbehrlichkeit unserer Bildersprache. — Zugleich werden wir nach einiger Erwägung der wundervollen Erscheinung bald zu der Ueberzeugung kommen, daß wir am besten thun, wirklich einen durch einen einzigen Flaschenfunken hervorgerufenen Umschwung des Südmagnetismus rechtsum, des Nordmagnetismus linksum (wie er von unserem Symbol angedeutet) als einen nicht bloß momentan angeregten, sondern in der Stahlscheibe Jahre lang fortdauernden anzunehmen. Während wir am Himmel ewige Bewegung sehen, stellt der Magnetismus das Analoge auf Erden dar; denn ohnehin ist der Erdmagnetismus in ewiger Bewegung.

so eingesteckt werden können, daß sie das Quecksilber in p, p′, p″ bloß berühren. Zu diesem Zweck ist es gut, die Drähte d, d′, d″ am Ende, wo sie in die Schalen p, p′, p″ eintauchen, mit Siegellack zu überziehen und bloß die äußerste Spitze perpendiculär abzufeilen und zu amalgamiren, damit der etwa eine Linie dicke Kupferdraht (den wir hier voraussetzen) lediglich mit der untern Fläche, nicht mit der Seitenfläche das Quecksilber berühre. Denn das Quecksilber in den Schalen p, p′, p″ muß höchst rein sein und daher auch die Amalgamirung mit den Kupferdrähten möglichst verhütet werden, weswegen auch die Drähte d, d′, d″ erst unmittelbar vor Anstellung des Versuchs in das Quecksilber der Schalen p, p′ eingesetzt werden, das selbst unmittelbar zuvor eingegossen, um nicht durch längere Berührung der in p und p′ amalgamirten Kupferschiene a c b verunreinigt zu werden. — Ein leises Blasen auf die Schalen p, p′ muß Drehung des Magnetstabes um die Axe bewirken können. — In die Korkschalen q, q′, q″ kann gemeines Quecksilber eingegossen werden. — Daß die ganze Vorrichtung auf einem mit Stellschrauben versehenen Brete stehn müsse, ist unnöthig zu erinnern. Denn auch in den Schalen p, p′ muß das Quecksilber ganz gleichmäßig vertheilt sein, damit der Magnet sich mit freier Axe umdrehen könne. — — Neben diesem Apparate stehe ein Kupfercylinder K mit aufwärts gehendem Rohre k′, dem bei h h ein Holzring aufgeschoben werden kann, worüber ein Zinkcylinder gesteckt ist, dessen Berührung mit dem Kupfer unten durch einen Glasring verhütet wird. Sowohl am Kupfer als am Zink sind Schalen angebracht, in welche Quecksilber eingegossen wird, während Korke aufgesteckt sind, welche die ins Quecksilber der Schalen eingesenkten Drähte festhalten, damit sie mit q, q′, q″ bequem in Verbindung gebracht werden können. Von dem Kupfercylinder sollen zwei Drähte ausgehn, welche die positive Elektricität in q, q″ einleiten und mittelbar dadurch in p, p″. Der ganze Apparat muß in Stand gesetzt sein und der Magnet mit freier Axe (nach der Sprache der Mechaniker) sich mit Leichtigkeit um die Spitzen bei m und n drehen, bevor man verdünntes Scheidewasser in den Kupfercylinder eingießt. Verdünnte Salpetersäure ist darum statt der Schwefelsäure zu empfehlen, weil dann Zink bloß durch Abwaschen mit Wasser sehr leicht gereinigt werden kann; denn ich vermeide gern die beschwerliche Amalgamirung des Zinks, welche die Anwendung des gemeinen Zinkblechs, das dabei schnell zerstört wird, fast unmöglich macht. Ist die salpetersaure Flüssigkeit schon einmal gebraucht und dadurch kupferhaltig oder zinkhaltig, so mißlingt der Versuch gewiß, selbst wenn die Säure noch so stark wäre. Darum wenn nicht sogleich im Momente des Eingießens der reinen verdünnten Salpetersäure in den Kupfercylinder (der unmittelbar zuvor, um im Sinne Ritter's geladen zu werden, mit starker Salpetersäure behandelt und wieder ausgewaschen sein kann) die Umdrehung des Magnets, und zwar unter den angegebenen Nebenumständen linksum, erfolgt, so wird sie nachher nicht mehr zu Stande kommen. Man muß dann einen stärkern Apparat (etwa Grove's Platinkette oder Bunsen's Kohlencylinder) anwenden, jedoch nicht in Form einer Volta'schen vielgliederigen, sondern als einfache Kette, worauf schon vorhin (II. 1 am Schluß) bei einem andern Versuche aufmerksam gemacht wurde.

Wir wollen nun durch unser Symbol (Fig. 4) herauszubringen suchen, was erfolgen muß, wenn der elektrische Strom von a zu c abwärts und gleichzeitig von b zu c aufwärts fließt. Es kommt darauf an, die Wirkung der elektromagnetischen Tangente zu bestimmen, welche den Polen des Stahlmagnets zunächst liegt

an der gegen den Magnet gewandten Seite der Kupferschiene. Demnach muß bei a das Bild so gelegt werden, daß es gegen den Südpol des Magnets gewandt sei und die Köpfe bei a zu liegen kommen, d. h. das Bild aufrecht stehe zur Andeutung der von oben nach unten, von a zu c sich bewegenden Elektricität. Hierdurch ist die Natur der aufblitzenden zunächst auf den nebenliegenden Südpol wirksamen elektromagnetischen Tangenten bezeichnet, wodurch, wie man leicht bei Anlegung des Bildes sich überzeugt (indem die eine Hälfte der elektromagnetischen Tangenten anziehend, die andere abstoßend wirkt), eine Bewegung des Magnets linksum bedingt wird. Dieselbe Bewegung wird durch die elektromagnetische Wirkung auf den Nordpol des Magnets herbeigeführt werden, was angedeutet ist durch unser hier umgekehrt in der Art zu legendes Symbol, daß die Figuren abwärts gewandt mit den Köpfen an b zu liegen kommen zur Andeutung des von b zu c sich hinbewegenden elektrischen Stromes. — Unmittelbar leuchtet es ein, daß das Bild an beiden Polen gerade in die entgegengesetzte Lage gebracht werden müsse, wenn der elektrische Strom an der Indifferenzzone eingeleitet und an der polarischen abgeleitet wird. In dieser umgekehrten Lage deutet das Symbol (wie ein bloßer Blick darauf lehrt) uns an, daß der Magnet rechtsum sich drehen müsse. Man sieht bei dem Gebrauch unserer Bildersprache sogleich, was von dem Satze zu halten sei, der in so hohem Grade sich geltend machte, daß ein elektrisirter Draht das Bestreben habe, sich um den Pol des Magnets, und umgekehrt der Magnetpol ein Bestreben habe, sich um einen elektrisirten Draht zu drehen. Solche mystische Ausdrücke sind unvermeidlich, wenn man die Erscheinung nicht scharf genug ausspricht, was, wie man nun schon merkt, bloß in der Bildersprache, nicht in der Wortsprache in aller Strenge möglich ist. — Da sich hier der elektrisirte Leiter zugleich mit dem Magnete dreht, so ist factisch dargethan, daß es jenem Ausdruck an Schärfe und Bestimmtheit fehlt, während unsere Bildersprache übrigens die Grenze bezeichnet, innerhalb welcher er als ein populärer (nicht wissenschaftlicher) gebraucht werden mag.

Durch das Bild (Fig. 10) war ausgesprochen, daß sich positiv elektrisirte Flüssigkeit (also auch Quecksilber) über dem Südpol linksum drehe. Wenn man daher einen Magnet auf irgend eine Weise (etwa durch Beschwerung mit Platin) unter das Quecksilber hinabzieht, so daß bloß ein kleiner Theil des Südpols hervorragt, so bleibt es bei Einleitung des elektrischen Stroms in das Quecksilber zweideutig, ob der Magnet sich aus eigener Kraft um seine Axe drehe, oder nur, vom Quecksilber mit fortgerissen, hineingezogen werde in dessen Drehung. Diese Zweideutigkeit wird vermieden, wenn der Magnet selbst die Quecksilberschalen trägt. Leichter aber ist der Versuch auszuführen, wenn man den Magnet von dieser Last befreit und auch die Schalen p und p′ ebenso befestigt sind wie p″, worin schon eine von der Schiene a b auslaufende Spitze sich dreht. Die Schalen verwandeln sich dann in mit Quecksilber gefüllte Ringe, worin vom Magnet ausgehende Leiter sich bewegen. Denn man sieht leicht, daß am Magnetstahl selbst die Elektricität von den Polen zur Indifferenzzone geleitet werden kann, wobei der im Sinn unsers Symbols (Fig. 2 u. 4) linksum schwingende Nordmagnetismus den aufgerichteten Südpol des Stahlmagnets mit sich fortreißt, also unter den vorhin angegebenen Bedingungen linksum bewegt. — Wohlerwogen ist daher dieser Umschwung des Magnets um seine Axe ein neuer Beweis dafür, daß der elektrische Funke oder Strom (der als eine Reihe von Funken zu betrachten) als Schwungmag-

netismus im Sinne der Fig. 4 aufzufassen sei, weil der gesetzmäßige Umschwung des Magnets um seine Axe unmittelbar sich ergiebt, wenn man das Symbol Fig. 4 auf angemessene Weise zur Bezeichnung des Stroms von den beiden Polen zur Indifferenzzone (oder umgekehrt) in den Magnet hineingelegt sich denkt.

Will man statt des Magnets einen bloßen Eisenkern, etwa einen mit Papier oder Seidenzeuch überzogenen Pistolenlauf, anwenden, so kann man einen starken Kupferdraht von oben herab rechtsum bis zur Mitte und dann einen zweiten von der Mitte herab linksum winden, während die Enden dieser Drähte in die oben bezeichneten drei mit Quecksilber gefüllten Ringe ausgehn. Leitet man nun den Strom von beiden Enden ein, so daß die positive Elektricität von diesen Enden zur Mitte sich bewegt, so entsteht ein starker Elektromagnet, dessen Südpol aufwärts und dessen Nordpol abwärts gekehrt ist und welcher sich zugleich lebhaft um seine Axe drehen wird, und zwar linksum durch die vorhin vermittelst unserer Bildersprache erläuterte Wirkung der abwärts vom Südpol und aufwärts vom Nordpol zur Indifferenzzone strömenden Elektricität. Ein Blick auf das diesem Elektromagnet in der angemessenen Lage zugewandte Symbol (Fig. 4) lehrt aber zugleich, daß dieser Elektromagnet sich nicht rechtsum drehen werde, wenn man den Strom umkehrt, sondern fortfährt sich linksum zu drehen, eben weil dann zugleich der Eisenmagnetismus umgekehrt wird und der Nordpol nach oben, der Südpol nach unten gewandt ist.

5) Aeußerlich sind, wie man sieht, diese Formen des Versuchs so verschieden, daß es schwer ist, jedesmal sogleich das Wesentliche zu erkennen, worauf es ankommt. Daher wird es gut sein, alle diese Formen desselben Experimentes in einer sich unserm allgemeinen Symbol (Fig. 4) anschließenden Specialformel darzustellen. Denn dies ist die Hauptaufgabe unserer Bildersprache, alles Unwesentliche, was nur der einzelnen Experimentirungsweise eigenthümlich ist, von dem Wesentlichen zu trennen. Es ist zu diesem Zweck in unserm Falle Folgendes zu erwägen:

a) Wenn wir uns bei dem vorhergehenden Versuche zur Bezeichnung des an die Erde oder den Magnetstein, oder Stahl und Eisen rc. gebundenen Magnetismus mit einer in die Tiefe deutenden Figur begnügen konnten, so bedürfen wir nun einer allgemeineren Bezeichnung dieses an den Stein gebundenen (materiellen Beziehungen gleichsam dienstbar gewordenen) Magnetismus. Offenbar wird es zweckmäßig sein, daß wir dabei uns zunächst dem Magnetstein anschließen, welcher der bedeutsamste auf der Erde ist, und das ist der vom Himmel gefallene magnetische Meteorstein. Dies um so mehr, da das Symbol (Fig. 4), von welchem wir ausgingen, an die bedeutsamste Bewegung des elektrischen Feuers, nämlich an den vom Himmel zur Erde herabfahrenden Blitz, sich anschloß. Leicht wird uns nämlich beifallen, daß mit donnerndem Gebraus zuweilen auch Meteorsteine herabfallen, deren Inkrustirung, wie Scherer (in Gilbert's Annalen 1809 Bd. XXXI. S. 21) sehr gründlich nachgewiesen, stets auf eine rasche Schmelzung der Oberfläche, wie sie bloß durch elektrisches Feuer möglich, hindeutet. Und den Naturgesetzen, welche unsere Bildersprache nothwendig machten, ist es gemäß, daß bei diesem, sei es auch bloß zufälligen, aber doch beständigen Zusammenhange der

Meteorsteine mit Elektricität die Meteorsteine nicht selten als Magnete herabkommen, während unstreitig diese vom Himmel kommenden Magnete vorzüglich geeignet sind, die Aufmerksamkeit hinzulenken auf den sonst so unscheinbaren Magnetstein. — Uebrigens mag wohl die Erweichung dieser oft glühend herabkommenden Massen die Veranlassung geben, daß die vorherrschende Form der Meteorsteine eine unregelmäßig pyramidale oder kegelförmige ist, wie Schreibers durch die zahlreiche Sammlung derselben im Wiener Museum nachgewiesen hat. Chladni in seinem berühmten Werk über Feuermeteore (S. 49) erinnert, daß schon das Alterthum auf diese dreieckige, viereckige oder pyramidale Gestalt aufmerksam wurde, und daß von dem ursprünglich erweichten Zustande dieser Massen und den im Innern entwickelten elastischen Flüssigkeiten die größern oder kleinern Vertiefungen und Hervorragungen auf ihrer Oberfläche abhängig sein mögen. — Uebrigens wird noch jetzt (s. Poggendorff's Ann. 1830. Bd XVIII. S. 621) zu Tübet im Lama-Kloster Sera eine eiserne Keule aufbewahrt, welche der Sage nach durch die Luft dahin flog und zu welcher jährliche Wallfahrten stattfinden. Demnach paßt die Zeichnung einer Art von Keule, wie sie z. B. Fig. 10 mit der unten liegenden, den Magnetismus bezeichnenden Gestalt in Verbindung gebracht ist. Und wollen wir naturgemäß auch den Ursprung dieses Magnetismus der Meteorsteine durch Elektricität andeuten, so können wir diese Andeutung hernehmen von einem durch elektrische Funken des behaarten Felles sich auszeichnenden Thiergeschlechte, und also einer knotigen Keule noch ein Löwenfell beifügen. Vielleicht gaben auch die gesträubten Mähnen des erzürnten, Feuer aus den Augen strahlenden Löwen Veranlassung, daß derselbe auf alterthümlichen Gemmen öfters mit dem Blitzsymbol im Rachen abgebildet ist. — Unter diesen Umständen also wäre eine dem alterthümlichen Hercules ähnliche Figur zu zeichnen, während wirklich die älteste Benennung des magnetischen Steins die des herculischen ist.

Wollen wir aber, statt auf die alte, vielmehr lediglich auf die neuere Zeit Rücksicht nehmen, so bietet sich der Gedanke dar, daß, wenn gewaltige Wirkung durch Elektromagnetismus (z. B. die beabsichtigte Bewegung von Wagen auf der Eisenbahn) je hervorgerufen werden soll, solches kaum anders als durch Einleitung einer Schwungbewegung möglich wäre, wobei die Keulenform (der Idee nach wenigstens, bei jeder Abänderung des Apparats, vorhanden) zur Verstärkung des Umschwunges unentbehrlich sein würde. Das zu solchem Zwecke mit Multiplicatorwindungen umschlungene Eisenstück wird aber stärker magnetisch (wie längst die Versuche amerikanischer Physiker gezeigt), wenn wir in einzelnen Knoten den Multiplicator umschlingen. Wir kommen also auch auf diesem Wege auf eine knotige elektromagnetische Keule, oder, im Geist unserer Zeichensprache, auf einen Keulenträger, zur Andeutung einer an die Materie (Stein, Eisen oder Stahl rc.) gebundenen magnetischen Polarität. Doch werden wir es dankbar annehmen, wenn jemand ein besseres, zu unsern Zwecken mehr brauchbares Symbol anzugeben weiß.

b) Bei Bezeichnung der Elektricität werden wir in Erwägung ziehen, was schon vorhin (Nr. II. 2. b u. 3.) umständlich dargelegt wurde, aber auch zu beachten haben, daß nun die Symbole beider Elektricitäten nicht in gegenseitig abgewandter Stellung (wie es zweckmäßig ist zur Andeutung der elektromagnetischen Tangentialwirkung), sondern hingewandt zum Symbole des Magnets, auf den sie wirken

sollen, zu zeichnen sind. Es liegt in der Natur drehender Figuren, daß, während von einer Seite sie von einander sich abwenden, sie von anderer Seite sich zu einander hinwenden. Während aber bei den gegenseitig sich abwendenden Figuren die rechtsum sich drehende Figur rechts im Bilde stand, die linksum sich drehende links, so wird es nun naturgemäß sein, bei den zu einander, nämlich gemeinschaftlich zum Symbol des Magnetismus sich hinwendenden Figuren die linksum drehende (Symbol der positiven Elektricität) rechts im Bilde, und die rechtsum drehende (Symbol der negativen Elektricität) links im Bilde zu stellen.

(13)



Nach dieser Bevorwortung ist unmittelbar das Bild (Fig. 13) verständlich. Nichts Wesentliches wird darin unbezeichnet geblieben, nichts Unwesentliches beigefügt scheinen. Ebenso aber, wie (Fig. 10) mit Beziehung auf unsere nördliche Halbkugel aufgefaßt wurde, werden wir nun mit gleicher Beziehung auch das Bild (Fig. 13) aufzufassen haben. Wir werden uns also bei dem Symbol des an den Stein oder Stahl gebundenen Magnetismus daran erinnern, daß in nördlicher Halbkugel der Nordpol eines frei beweglichen Magnetstabes oder einer Magnetnadel sich zur Erde senkt, sowie auch jeder aufgerichtete Eisenstab oben südpolarisch, unten nordpolarisch sich zeigt. — Auf elektrochemischem Standpunkte aber haben wir den Zustand der Festigkeit vom krystallelektrischen Zusammenhange der Theile, den der Flüssigkeit von der elektrischen Indifferenz derselben Elementartheile abzuleiten. Das Bild der Schale, welches dem Symbole des Stahlmagnetismus in die linke Hand gegeben ist, wird uns daher als Bezeichnung der Indifferenzzone dienen können, während die polarischen Zonen, von welchen die Kraft ausgeht, d. h. die starke Seite des Magnets, naturgemäß durch die Keule bezeichnet werden kann. Mit dieser starken Seite des Magnets (d. h. den beiden polaren Zonen) ist das Symbol der positiven, mit der Indifferenzzone das Symbol der negativen Elektricität verbunden. Und zwar dient (dem gemäß, was Nr. II. 2. b und II. 3 dargelegt ist) eine links sich drehende Figur (neben rechtsum strebendem Pferde) als Symbol der positiven Elektricität, und eine rechts sich drehende Figur (neben linksum strebendem Pferde) als Symbol der negativen Elektricität. Das Symbol des Magnetismus dreht sich linksum. Ganz scharf ist also der Satz durch diese Bildersprache ausgesprochen, daß ein um seine Axe beweglicher Magnet, dessen Nordpol gegen die Erde gerichtet ist, unter dem Einflusse der an seinen Polen einströmenden positiven Elek-

tricität, welcher die negative in der Indifferenzzone entgegen kommt, sich linksum (von West über Süd nach Ost) dreht.

III. Benutzung unserer Bildersprache zur Beseitigung entstandener Mißverständnisse.

1) Man findet nirgends in unsern Lehrbüchern eine deutliche Darstellung des Phänomens, wovon hier zuletzt die Rede war; vielmehr wurde dasselbe (mit unter Quecksilber herabgezogenem Magnete gewöhnlich dargestellt) einseitig bloß mit Hinsicht auf einen Pol aufgefaßt und in der Art ausgesprochen (was ich mit den Worten anführe der zweiten Ausgabe eines neueren mit Recht sehr beliebten Lehrbuches der Physik): „wenn man den Strom durch die eine Hälfte der Axe eines Magnets auf oder nieder strömen läßt, so rotirt der Magnet (wenn seine Aufhängung oder seine Aufstellung eine solche Rotation erlaubt) um seine Axe. Ist der Südpol *) oben, so dreht sich derselbe immer nach der linken Seite der (nach Ampere's Weise) in den Strom eingeschaltet gedachten menschlichen Figur." — Man sieht, wie ungenau und unverständlich dieser Ausdruck ist. Und dennoch (nachdem hervorgehoben, daß sich die Ampere'sche Theorie eben bei dieser Magnetdrehung nicht mehr gegen neuere Einwürfe halten könne) wird beigefügt: „Will man die Ampere'sche Theorie ganz fallen lassen, so muß man von der Erscheinung, daß ein elektrischer Strom, welcher nur dem einen Pole eines mit dem Strome parallelen, frei beweglichen Magneten gegenüber steht, diesen Pol je nach seiner Natur nach der einen oder andern Seite zu drehen strebt, als von einer Fundamentalerscheinung ausgehn und dann daraus alle übrigen Erscheinungen ableiten, welche die gegenseitige Einwirkung von Strömen auf Magnete darbieten." — Andere, und zwar gleichfalls die neuesten und vorzüglichsten Lehrbücher der Physik lassen die Bezeichnung der Art der Drehung (die hier sogar zur Fundamentalerscheinung erhoben werden soll) ganz hinweg und drücken nur im Allgemeinen in der Weise sich aus: „richtet man einen cylindrischen Magnet so ein, daß er sich um seine eigene verticale Axe bewegen kann, und leitet einen elektrischen Strom durch ihn, der nur auf einen seiner Pole wirkt, so beginnt dieser sich schnell um die Axe zu drehn." — Wäre das Phänomen wirklich ein unipolares (wie gewisse andere nicht hierher gehörige Erscheinungen als unipolare Leitung aufgefaßt werden), so würde es schwer sein, in unserer Bildersprache dasselbe darzustellen, wenigstens wäre es nöthig, auf eine besondere Bezeichnungsweise dieser Unipolarität zu denken. — Unser Bild Fig. 13 spricht es aber mit Recht aus, was bisher unbeachtet blieb, daß die Einwirkung auf beide Pole zugleich zur Natur des Versuchs bei streng wissenschaftlicher Auffassung desselben gehöre, während auch dadurch die Wirkung der Kraft verstärkt wird.

2) Keine andere Sprache als eine Bildersprache vermag, zur strengen Nachweisung des wissenschaftlichen Zusammenhanges, zugleich das elektromagnetische und

*) In der neueren dritten Auflage wird dieselbe so höchst unbestimmt bezeichnete Drehung ganz mit denselben Worten dem aufgerichteten Nordpol zugeschrieben. — Und ähnliche Sprachverwirrungen kommen vor in allen Compendien, weil sie ohne Bildersprache unvermeidlich sind.

das entgegengesetzte magnetoelektrische Phänomen scharf auszusprechen. Wirklich ist aber durch Fig. 13 auch gesagt, daß, wenn man einen Magnet, dessen Nordpol nach unten gerichtet ist, um seine Axe linksum dreht, an den beiden Polen des Magnets positive, an der Indifferenzzone negative Elektricität auftreten müsse unter Mitwirkung der Leiter, welche zur Schließung des elektrischen Kreises erforderlich. — Die vorhin (Fig. 12) beschriebene Vorrichtung ist ganz dazu gemacht, diese Erscheinung darzustellen; nur muß dann der Draht d und d'' mit dem einen Ende, und d' mit dem andern Ende eines aus starken Kupferstreifen mit einfacher Umschlingung in Form einer 8 (oder einer Schleife) gebildeten und mit astatischer Magnetnadel versehenen Multiplicators in Verbindung gebracht werden. Will man stärkere Wirkung sehen, so wird man einen kräftigen Magnetstab (der, wenn er wie gewöhnlich nicht rund, sondern viereckig ist, an den Polen und an der Indifferenzzone mit angesteckten Ringen von Kupfer versehn sein kann) durch ein Schwungrad in Kreisbewegung setzen und starke federnde Kupferstreifen d, d'' an den Polen und d' an der Indifferenzzone hinstreifen lassen. Da nun jeder Magnetpol in seiner Umgebung die entgegengesetzte Polarität hervorruft, so begreift man, daß, während z. B. der Nordpol linksum sich dreht und der feststehende Leiter d'' in entgegengesetzter Richtung von ihm abgezogen wird, die an diesem Leiter d'' durch Vertheilung hervorgerufene Südpolarität als rechtsum gedreht zu betrachten ist. In diesem Sinne darf man sich also nur unser Symbol Fig. 4 hineingelegt denken in den Magnet, und die Richtung vom Kopfe zum Fuße wird den Lauf des elektrischen Stromes bezeichnen. — Wie kräftig die von einem um seine Axe gedrehten starken Magnetstab ausströmende Elektricität sei, findet man durch Vergleichung der Kraft eines solchen gedrehten Magnets mit einem Voltaischen Zink-Kupfer-Elemente dargelegt im Journ. f. prakt. Chem. Bd. II. (1834) S. 466 ff. Daselbst ist auch die Rede von Combination solcher gedrehter Magnete nach dem Volta'ischen Princip bei Construction der Säule. Und es zeigt sich dabei, daß derselbe Gegensatz der Multiplicatoren sich auch hier geltend mache, auf welchen vorin in einer Anmerkung (zu I. 3) bei der Thermosäule im Verhältnisse zur einfachen Kette aufmerksam gemacht wurde.

3) Es ist unnöthig zu erinnern, daß, wie Fig. 13, ebenso auch Fig. 10 neben dem angegebenen elektromagnetischen zugleich das umgekehrte magnetoelektrische Phänomen ausspricht. Nur wird man nicht unmittelbar den Versuch Fig. 9 umkehren wollen.

Aber man vergesse nicht, daß eben darum, weil das Bild Fig. 10 bloß das Wesentliche der Erscheinung ausspricht, überhaupt auf Flüssigkeit durch die Schalen hingedeutet wird, und daß also der angezeigte Typus der Bewegung offenbar auch paßt, wenn man den Versuch mit Quecksilber statt mit Wasser anstellt. In dieser Art hat ihn wirklich schon Davy angestellt (s. Phil. Transact. for 1823 P. II. übers. im Journ. d. Ch. u. Phys. Bd. XL. S. 332 bis 340). Und der Versuch fällt glänzend aus, wenn man die von Davy gebrauchte Vorrichtung (eine unten an zwei Stellen durchbohrte Glasschale, worein mit ihren Spitzen hervorragende Kupferdrähte gekittet sind, welche Spitzen mit einer dünnen Lage in die Schale gegossenen Quecksilbers bedeckt sind) zwischen die Pole eines starken Elektromagneten bringt. Es stehe die Schale auf dem Südpol, der Nordpol über ihr, und ein starker (durch Grove's Platinkette gewonnener)

elektrischer Strom werde ins Quecksilber geleitet, wodurch zugleich der Elektromagnet geladen werden kann. In diesem Falle wird, ganz im Sinne des Bildes Fig. 10, über den positiven elektrischen Draht das Quecksilber sich linksum drehen, über den negativen rechtsum. Die große Lebhaftigkeit der Wirbeldrehung entfernt mitunter das Quecksilber vom Leitungsdrahte, so daß momentan die Kette unterbrochen wird und ein Funke überschlägt. Indeß ist die erste stärkste Wirkung der Kraft nur von kurzer Dauer, da die Kette bald geschwächt wird bei der Schließung durch einen so guten Leiter wie das Quecksilber ist. Man braucht aber nur kurze Zeit die Kette geöffnet zu lassen und das Phänomen beginnt dann wieder, bei Schließung derselben, mit erneuter Heftigkeit.

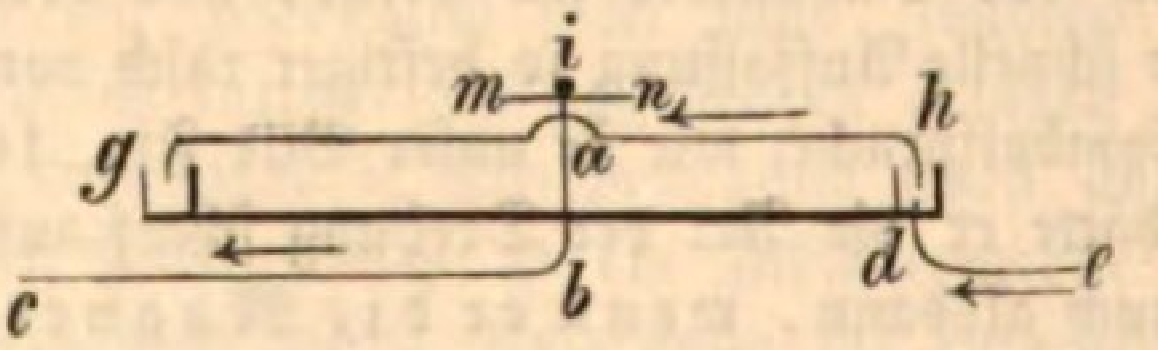
Davy sagt nicht, in welcher Weise das Quecksilber sich drehe, und eben dadurch (d. h. durch den Mangel einer die schnelle Auffassung so heftiger rasch vorübergehender Bewegungen erleichternden Symbolsprache, wie sie unser Bild Fig. 10 darbietet) hat er sich verwirrt. Denn hätte er die Art der Drehung scharf aufgefaßt, so hätte er wahrgenommen, daß auch alsdann, wenn er die Magnete ganz hinwegließ, doch analoge, obwohl viel schwächere Bewegungen, wie über dem Südpol, erfolgten, und würde dann an die Einwirkung des Erdmagnetismus gedacht haben, während er ein neues elektromagnetisches Phänomen, das mit Ebbe und Fluth Aehnlichkeit habe, zu sehn glaubte.

Will man die Drehung durch Erdmagnetismus, gemäß dem Typus des Bildes Fig. 10, sehn: so ist folgende Art zu experimentiren empfehlungswerth.

Denke man sich ein mit Leisten zur Seite und mit Stellschrauben versehenes Bret, worin zwei Ringe eingeschnitten, jeder von 3 bis 4 Zoll im Halbmesser, welche durch eine zollbreite Rinne verbunden sind. Im Mittelpunkte jedes Ringes sei ein verschieblicher starker (wenigstens eine Linie dicker) Kupferdraht angebracht, der unten angemessen zur Seite gebogen ist, um in einen kleinen Quecksilbertrog mit dem Ende zu tauchen. Die Spitze jedes Kupferdrahtes sei amalgamirt und trage eine leichte Kupfernadel, welche auf einem kleinen amalgamirten Hute von Kupfer ruht. Diese Kupfernadel muß unten umgebogen und mit Siegellack überzogen sein, so daß bloß die Spitze hervorragt in der vorhin (Nr. II. 4) bezeichneten Weise. Diese amalgamirte Spitze allein soll so leise als möglich das in den Ring eingegossene vollkommen reine Quecksilber berühren. Eben darum ist eine bequeme Vorrichtung zur Aequilibrirung dieser Nadeln nöthig, welche darin besteht, daß man hinten an jeder Nadel einen dünnen gut ausgeglühten Kupferdraht anbringt in kreisförmiger Biegung, woran zwei verschiebliche kleine Kugeln von Kork oder Hollundermark angesteckt sind. Leicht ist es dadurch, der schiefen Stellung der Nadeln entgegenzuwirken und es dahin zu bringen, daß sie durch einen Hauch bewegt ihren Kreislauf im Quecksilber vollenden. Dazu ist freilich im höchsten Grade reines Quecksilber nöthig. Bei dessen Anwendung aber werden sich die beiden Nadeln schon durch die Wirkung des Erdmagnetismus bewegen, und zwar, im Sinne unseres Bildes, die positiv elektrisirte Nadel linksum, die negativ elektrisirte rechtsum ihren Kreis durchlaufen. Bei dem Elektricität erregenden Apparate sind alle die Nebenrücksichten zu beachten, welche zur Sprache kamen vorhin (II. 1 am Schlusse), wo schon von der gleichfalls hierher gehörigen Drehung eines elektrisirten Drahtes im Quecksilber unter dem Einflusse magnetischer Pole die Rede war.

Wenn dieser elektromagnetische Versuch bei der Ausführung große Sorgfalt erfordert, so ist desto leichter das ihm entsprechende magnetoelektrische Phänomen darzustellen. Man denke sich ein Kugelsegment von Kupfer, welches vermittelst einer in der Mitte eingeschlagenen amalgamirten Vertiefung (die einen Hut bildet) auf einem abgerundeten, oben bei a amalgamirten dicken Kupferstabe abc ruht und sich bei g und h in einem mit Quecksilber gefüllten Ringe dreht, welchen die Zeichnung Fig. 14 im Durchschnitte darstellt. Ein gleich dicker Kupferstab de stehe mit dem Quecksilber im Contacte, dessen Herausspritzen aus dem Ringe (der auf drei mit Stellschrauben versehenen Füßen ruht) bei dem Drehen des Kugelsegmentes durch den hohen Rand des Ringes und dadurch, daß man lieber gemeines (amalgamirtes) als reines Quecksilber anwendet, verhütet wird. Wir setzen voraus, daß der Durchschnitt gih des Kugelsegments etwa vierzehn Zoll betrage. Dann wird eine lebhafte Umdrehung desselben im Quecksilber linksum positive Elektricität (deren Strom durch die Pfeile bezeichnet) in diesem Kugelsegment erregen, bloß unter dem Einflusse des Erdmagnetismus, während eine Drehung rechtsum negative Elektricität oder eine der durch die Pfeile angedeuteten entgegengesetzte Strömung hervorruft. Man sieht, daß, wenn man unser Bild Fig. 10 als ein magnetoelektrisches auffaßt, dieses eben dargelegte Experiment daraus ablesbar wird. In der That aber ist diese Elektricitätserregung durch Erdmagnetismus nicht deutlich wahrnehmbar zu machen durch einen gewöhnlichen aus Kupferdrahtwindungen gebildeten elektromagnetischen Multiplicator. Vielmehr sind an die breit gehämmerten Enden der starken Ableiter abc und de Kupferschienen (die etwa 1 Zoll breit, 1 Linie dick und 3 Fuß lang sind) bei c und e anzuschrauben und diese mit einem gehörig weit entfernten Schienenmultiplicator (I. 3. Anm.) in Verbindung zu bringen. Selbst wenn die Windungen einer solchen in Form einer doppelten Schleife geschlungenen Schiene von angegebenen Dimensionen einen Abstand haben von $1/2$ bis $3/4$ Zoll, und eine gewöhnliche astatische Doppelnadel zwischen die zwei unten verbundenen Schleifen der Kupferschienen eingesenkt wird, so ist ein solcher obwohl etwas roh aussehender Schienenmultiplicator, an dessen Enden die zuleitenden Kupferschienen angeschraubt werden, doch ganz geeignet, um durch einen Ausschlag von 3 bis 5 Graden die Wirkung des Erdmagnetismus bei der Drehung jenes Kugelsementes auf die unzweideutigste Weise darzustellen. — Uebrigens ist auch ein kleiner Schienenmultiplicator in folgender Gestalt empfehlenswerth. Es werde eine Schiene von etwa $1/2$ Zoll Breite und $1/4$ Linie Dicke schlangenförmig gebogen, wie es abcd...no zeigt, so daß jede Biegung von der andern etwa $1/2$ Zoll weit absteht, während die Länge cd etwas über 1 Zoll beträgt. Eine zweite ganz gleich gebogene Schiene werde daneben angereiht. Man sieht, daß nun nach Gefallen sechs mit einander verbundene kleine, durch Pfeile bezeichnete, astatisch geordnete Magnetnadeln bei dieser einfachen Vorrichtung eingesetzt werden können, während diesen nur etwa $1/2$ Zoll langen Magnetnadeln oben ein 2 bis 3 Zoll

(14)



(15)



langer dünner Draht als Zeiger angereiht werden kann, welcher auf die Grade eines eingetheilten Kreises hindeutet. Unnöthig ist es, zu erinnern, daß zur Abhaltung des Luftzuges eine gut anschließende Glocke dergleichen (nothwendig auch mit Stellschrauben versehene) Apparate bedecken müsse. — Wird das flache Kugelsegment linksum gedreht, so wird dieser kleine Multiplicator einen positiven Ausschlag von 3 bis 4 Graden geben; wird das Kugelsegment rechtsum gedreht, so wird der Strom gerade entgegengesetzt fließen, als es hier in der Figur 14 bezeichnet ist, d. h. das Kugelsegment ist nun negativ elektrisch, und der durch bloßen Erdmagnetismus erhaltene Ausschlag beträgt bei lebhafter Umdrehung (wozu der Stift mn angebracht ist) gewöhnlich 4 bis 5 Grad. Sehr starke, 30 bis 60 Grad betragende, constante Abweichungen der Magnetnadeln entstehn, wenn unter das Kugelsegment z. B. der Südpol eines Magnets gelegt wird, und dieselben werden verstärkt, wenn zugleich ein Nordpol darüber sich befindet.

4) Wenn man übrigens nicht mit Erdmagnetismus, sondern mit Stahlmagnetismus den Versuch anstellen will, so ist es zweckmäßig, die Form des Experimentes in der Art abzuändern, daß man statt eines großen Kugelsegments einen Cylinder wählt von etwa 1 Fuß Höhe und $^1/_2$ Fuß Durchmesser, weil man sich dabei bequem eines starken Hufeisenmagnets bedienen kann, zwischen dessen Polen der Cylinder gedreht wird. Wendet man einen Hufeisenmagnet an, der etwa 50 bis 60 Pfund zu tragen vermag, so werden bei dem Gebrauche der oben beschriebenen Multiplicatoren sogleich Ausschläge der astatischen Magnetnadel von wenigstens 130 bis 150 Graden entstehn, und die Nadel wird, während man lebhaft fortdreht, etwa bei 70 bis 90° zur Ruhe gelangen. Alle Multiplicatoren werden anzeigen, daß, während der Südpol innerhalb des Kupfercylinders sich befindet, durch Drehung dieses Kupfercylinders linksum positive und durch Drehung rechtsum negative Elektricität erregt werde, wie solches in unserer Bildersprache ausgesprochen ist (Fig. 10), und leicht auch abgeleitet werden kann aus der allgemeinen, alle elektromagnetischen und magnetoelektrischen Phänomene umfassenden Formel Fig. 4.

5) Die Umdrehung eines Kupfercylinders um einen Magnetpol, wovon in der unmittelbar vorhergehenden Nummer die Rede war, ist übrigens einer der berühmtesten magnetoelektrischen Versuche. Faraday stellte ihn zuerst an als eine Umbildung des Versuches von Arago mit der sich über einem Magnet drehenden Kupferscheibe. Indem er oben am Cylinder, der um einen Magnetpol gedreht wurde, eine Stelle, und eine andere unten in der Nähe der Indifferenzzone des Magnets amalgamirte, konnte er, mit den amalgamirten Enddrähten des Multiplicators beide Stellen berührend, Elektricität sammeln. In dieser Art angestellt ist der Versuch, wie wir so eben sahen, dem Typus des Bildes Fig. 10 gemäß. Als Faraday aber den Cylinder selbst am Magnet befestigte und auch so bei der Drehung des Magnets zugleich mit dem Kupfercylinder Elektricität im Multiplicator erhielt, dessen Enddrähte theils mit der polaren Zone, theils mit der Indifferenzzone in Verbindung waren, so experimentirte er offenbar dem Typus des Bildes Fig. 13 gemäß auf die vorhin Nr. III. 2 bezeichnete Weise. — Er kam dabei auf den Gedanken, daß dem Kupfercylinder der Stahl des Magnets selbst (wenn dieser um seine Axe gedreht werde) substituirt werden könne. Und da er nun wirklich bei der Umdrehung eines Magnets um seine Axe dieselbe Elektricität erhielt, als ob

der Kupfercylinder um den Magnet wäre gedreht worden, so erklärt er diese inducirten Ströme aus einer Drehung des magnetischen Stahles um den in ihm ruhenden Magnetismus, indem er beifügt: „offenbar zeigt sich hier eine sonderbare Unabhängigkeit zwischen dem Magnetismus und dem Stabe, worin er befindlich ist.“ Sehr künstliche Versuche, wobei tief in die Axe des Magnets eingebohrt wurde, reihten sich an diese in der That mystische Auffassung der Erscheinung. Daß selbst durch die Kühnheit solcher mystischer Combinationen sich Faraday als ausgezeichneter erfinderischer Geist bewährt, mögen wir gern zugestehen. Aber es heißt nicht sein Verdienst ehren, wenn man (mit Verschmähung der allein zur Klarheit der Anschauung führenden Bildersprache, welche man nicht einmal zur Prüfung gelangen lassen will) bei jener ersten Auffassungsweise der Erscheinung noch jetzt stehn bleibt, ja wenn man uns sagt, gerade darin liege das Charakteristische der von Faraday entdeckten inducirten Elektricität und die große Wichtigkeit der Sache, „daß diese neue Sphäre voller Eigenthümlichkeiten und ohne Analogie mit andern Erscheinungen sei, und daß es gewiß nicht gelingen werde, (durch Ableitung jener neuen Entdeckung aus der Oersted'schen, d. h. der Magnetoelektricität aus dem Elektromagnetismus) diese neue Sphäre in das Reich des Bekannten zu bringen.“ (S. Repertorium der Physik von Dove und Moser Bd. I. S. 286.) *). — Um so bedeutungsvoller muß es nun scheinen,

*) Widerlegt soll an der hier citirten Stelle der als ein metaphysischer bezeichnete, im Sinne eines sonst allgemein geltenden auf Wirkung und Gegenwirkung sich beziehenden Princips ausgesprochene Satz werden: „wenn Volta'ische Elektricität unter gewissen Umständen Magnetismus erregt, so wird der Magnetismus unter gleichen Umständen auf den Leiter zurückwirken und in ihm Volta'ische Elektricität erzeugen.“ Und mit folgenden Worten wird dieser von Ritchie ausgesprochene Satz widerlegt: „das scheint plausibel zu sein und man könnte meinen, daß, wie z. B. durch Streichen einer Stahlnadel gegen einen Leitungsdraht Magnetismus erzeugt wird, ebenso werde durch Streichen einer bereits magnetischen Nadel an einem Drahte der letztere galvanisch erregt werden. Der Schluß aber wäre der großen Entdeckung Faraday's insofern gefährlich, als er ihr alles Eigenthümliche und die daraus entspringende Wichtigkeit raubte. Er ist inzwischen nicht richtig.“ — Jedoch unsere Fig. 1 zeigt, wie zu experimentiren sei, um sich zu überzeugen von der Richtigkeit der Thatsache, worauf es hier ankommt. Und die künstlichen Argumentationen dagegen in jenem Repertorium (a. a. O.) geben bloß einen Beweis, wie wenig selbst ausgezeichnete Physiker eine Begriff= und Sprach=Verwirrung da vermeiden können, wo nicht die Wortsprache, sondern (wie in der Geometrie) nur eine Bildersprache Klarheit der Anschauung und des Gedankens hervorzubringen vermag. Da nun diese Bilderschrift schon im Jahr 1826 als eine streng wissenschaftliche zur Sprache kam und auch von Fechner im Jahr 1830 in seinem Lehrbuche des Elektromagnetismus benutzt wurde, als ein Mittel, (wie er sich ausdrückt), die Auffassung und Darstellung verschiedener elektromagnetischer Erscheinungen zu erleichtern, dieselbe aber 1836 in viel größerer Ausbildung (in einer besondern Schrift: Einleit. in d. Mythol. auf d. Standpunkte d. Naturwissensch.) mit aller wissenschaftlichen Strenge dargelegt wurde, so hätte sie allerdings in einem Repertorium der Physik, das im darauf folgenden Jahr 1837 erschienen, nicht gänzlich ignorirt werden sollen, während auch die neue Ausgabe von Gehler's physikalischem Wörterbuch die Sache durch Stillschweigen tödten zu können glaubte, was bei streng erwiesenen Wahrheiten doch so leicht nicht ist, obwohl sehr consequent auf Alles, was mit dieser physikalischen Zeichensprache auch nur entfernt zusammenhing oder in einer darauf sich beziehenden Schrift vorkam, dasselbe Ignoriren ausgedehnt wurde. Aber der von den Astronomen gebrauchten mythologischen Zeichensprache wird ein besonderer Artikel gewidmet in demselben physikalischen Wörterbuche.

daß unsere Bildersprache den elektromagnetischen und den entgegengesetzten magnetoelektrischen Satz jedesmal zugleich ausspricht; und zwar, mit aller Schärfe des Ausdrucks, Versuche, welche mit ganz verschiedenen Apparaten anzustellen sind, in einem und demselben Bild uns vor Augen stellt. Man erkennt hier zugleich das Eigenthümliche einer symbolischen Hieroglyphenschrift, deren Charakteristisches darin liegt, daß sie etwas leistet, was der Wort- und Schriftsprache schlechterdings unmöglich ist.

6) Wir haben vorhin (Nr. III. 2) gesehn, daß das Bild Fig. 13 neben dem elektromagnetischen (zum Schlusse des Abschnittes II. 5 wörtlich ausgedrückten) Satze auch folgenden magnetoelektrischen andeutet: wenn man nach Entfernung des Elektricität erregenden Apparates die durch Elektricität bewirkte Drehung bei im Kreise geschlossenen Leitern mechanisch nachahmt, wird die gleichnamige Elektricität hervorgerufen. Dieser von Ritchie mit Beziehung auf alle sich entsprechende elektromagnetische und magnetoelektrische Phänomene bloß empirisch ausgesprochene Satz (s. Poggendorff's Annalen 1834. Bd. XXXI. S. 206) welchen wir, vermittelst unserer Bildersprache rationell entwickeln konnten, — erregte sogar in der Art Widerspruch, daß man glaubte, zur Hervorrufung der gleichnamigen Elektricität sei die entgegengesetzte Drehung nothwendig, und im Geiste der geheimnißvollen Inductionslehre sollte in der vorhin angeführten Stelle des Repertoriums der Physik dieser von Ritchie (wie man annehmen zu müssen glaubte, nicht sowohl empirisch, als metaphysisch) ausgesprochene Satz gänzlich widerlegt werden. — Strenger kann die entstandene Sprachverwirrung nicht leicht durch ein dem allgemeinen gesunden Menschenverstande mehr einleuchtendes Beispiel

Was übrigens jenen allerdings von Ritchie wunderlich ausgesprochenen, aber ebenso wunderlich geleugneten Versuch anlangt, „durch Streichen einer Magnetnadel an einem Drahte elektrische Ströme hervorzubringen," so heißt es selbst in der neuesten dritten Ausgabe der höchstachtbaren Bearbeitung von Pouillet's Lehrbuch von Müller Bd. II. S. 253: „wenn man ein sehr empfindliches Galvanometer hat, ist es gar nicht einmal nöthig, daß man einen so langen Draht auf eine Spule wickelt, um den durch einen Magnet inducirten Strom nachzuweisen, ja man hat nicht einmal nöthig einen gewundenen Draht anzuwenden; man braucht nur die beiden Enden eines einfachen Drahtes mit den beiden Enden des Galvanometerdrahtes zu verbinden und dann dem Draht einen Magnet zu nähern und sogleich wieder zu entfernen, dann wieder zu nähern und wieder zu entfernen rc., wodurch die Nadel in hinlänglich merkliche Oscillation versetzt wird." — Hätte man auch nur das schon im Journ. f. prakt. Chem. vom Jahr 1834 Bd. II. S. 467 zur Sprache Gebrachte, und namentlich den dort angegebenen magnetoelektrischen Multiplicator beachten wollen, so würde man den Versuch so angestellt haben, wie er vorhin (I. 1. Fig. 1) beschrieben, und wie er im Grund eine Analyse ist der Drehung eines Magnets um seine Axe (III. 2), oder der eben besprochenen Drehung eines Cylinders um einen Magnet. — Der Fehler, den Ritchie, Moser und Müller gemacht, bezieht sich bloß auf die gebrauchten ungeeigneten Dimensionen und auf Verkennung des Unterschiedes zwischen empfindlichen magnetoelektrischen und empfindlichen elektromagnetischen Multiplicatoren. — — Uebrigens findet man schon im Jahrb. d. Chem. u. Phys. 1823. Bd. XXXIX. S. 390 ähnliche, sogar mit Multiplicatoren, in welche Magnetpole eingeschoben wurden, angestellte Versuche mitgetheilt, welche gleichfalls bloß dadurch mißlangen, weil die Dimensionen der Leiter nicht richtig gewählt waren. Nach Faraday's Entdeckung konnten ganz dieselben im Jahr 1823 beschriebenen und damals bloß zufällig mißlungenen (aus dem Principe der Gegenseitigkeit abgeleiteten) Versuche, nur mit Leitern und Multiplicatoren von andern Dimensionen angestellt, fortwährend zu Collegienversuchen gemacht werden.

nachgewiesen werden. Denn man darf nur unsere Bildersprache in die gewöhnliche vom Strom hergenommene übersetzen, so sieht man bei der magnetoelektrischen Auffassung des Bildes Fig. 13 sogleich, daß der Ausdruck, es werde, wenn man den senkrechten Magnet in seiner natürlichen Lage (mit dem Nordpole nach unten, dem Südpole nach oben) linksum dreht, positive Elektricität an der polaren, negative an der Indifferenzzone erregt, gerade dem gleichbedeutend ist, es werde der entgegengesetzte Strom von demjenigen erregt, welcher bei dem elektromagnetischen Phänomen den Magnet linksum dreht. Denn bei dem elektromagnetischen Phänomen wird dieselbe positive Elektricität an der polaren Seite eingeleitet, welche bei dem magnetoelektrischen Phänomen an derselben polaren Zone ausströmt. — Man sieht zugleich, daß, während der elektrische Strom den Magnet dreht, eben dadurch ein Kampf mit dem von ihm durch die Drehung des Magnets selbst angeregten entgegengesetzten magnetoelektrischen Strom erregt wird. — Während wir nun schon vorhin (I. 3 II. 1 u. 2. b) von mehrern Seiten den Kampf mit dem Leiter kennen gelernt, so tritt durch die magnetoelektrische Gegenwirkung gegen die elektromagnetische noch von einer neuen Seite die Bedeutsamkeit der Sache hervor. Zugleich sieht man an diesem neuen Beispiele, daß der Leitungswiderstand nicht bloß als etwas Negatives (Hemmendes), sondern als etwas positiv Entgegenwirkendes aufzufassen ist.

7) Diese Gegenwirkung des Leiters *) führt uns noch in ein ganz neues Gebiet, nämlich zu der von Savary bei heftigen Batterieschlägen wahrgenommenen anomalen Magnetisirung. Was man Elektricität nennt, haben wir vorhin (II. 2. b.) selbst aus dieser Gegenwirkung gegen den Schwungmagnetismus abgeleitet und dem gemäß in der Bildersprache bezeichnet.

---

*) Um auf die Bedeutsamkeit dieser Gegenwirkung, die man als Leitungswiderstand zu bezeichnen pflegt, noch mehr die Aufmerksamkeit hinzulenken, wollen wir daran erinnern, daß man sich leicht bei der Thermosäule aus Wismuth und Antimon, durch welche man einen elektrischen Strom leitet, überzeugen kann, daß hierdurch auch in der Thermosäule eine Ladung im Sinne Ritter's hervorgerufen wird. Hier kann niemand mehr an den Einfluß einer chemischen Wirkung denken. In praktischer Beziehung aber geht daraus hervor, daß man bei feinen Versuchen die Leitung durch heterogene Metalle (also Vermittelung der Leitung durch Quecksilber) so viel als möglich zu vermeiden habe. — Combinirt man mit dieser thermomagnetischen Ladung (im Sinne Ritter's) eine andere Erscheinung, wovon schon oben (I. 3 am Schlusse) die Rede war, nämlich das Sprödewerden der Drähte, wodurch längere Zeit elektrische Ströme gehn, so sieht man vor Augen eine Erweiterung des Gebietes der Krystallelektricität, von welcher ohnehin, wie kaum zu verkennen, der Thermomagnetismus Seebeck's selbst abhängen wird. Und hieran reiht sich die zuerst von Plücker gemachte und von Faraday neuerdings bestätigte und erweiterte Entdeckung, daß der sogenannte Diamagnetismus im Zusammenhange stehe mit den Axen der Krystalle (namentlich auch den optischen Axen) wovon schon oben (I. 4 in einer am Ende angereihten Note) die Rede war. — Nun zeigen aber Seebeck's entoptische Figuren, daß die Sprödigkeit mit Ausbildung krystallinischer Axen zusammenhänge. Als nothwendige Folge geht daraus hervor, daß, wenn anhaltende elektrische Ströme in den Drähten, welche sie durchlaufen, Sprödigkeit bewirken, die damit verbundene Ausbildung krystallinischer Axen wohl auf irgend eine Weise sich durch magnetische Erscheinungen zu erkennen geben werde. Und hierin wird die Veranlassung liegen jener merkwürdigen krampfhaften Zuckungen der Magnetnadel, wovon die Rede im Journ. f. prakt. Chemie von Erdmann u. Marchand Bd. XXXIV. S. 401 bis 408 und in der aus Grunert's Archiv der Mathem. u. Physik Th. IX. u. X. besonders abgedruckten Abhandlung über das Elektron der Alten. S. 50 Note. — Hier aber ist die Erinnerung an diesen erst in der

Wenn man nun in derselben Bildersprache ausdrücken wollte, daß, um bleibenden Magnetismus durch diesen Schwungmagnetismus im Stahl ꝛc. zu erregen, jene Gegenwirkung des Leiters möglichst zu vermeiden sei, so würden wir ein Bild zu zeichnen haben, wie das, wovon in der Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwissenschaft S. 279 die Rede ist. — Es soll hier bloß angedeutet werden, daß diese Bildersprache, von welcher bisher bloß einige Proben gegeben wurden, weiter reicht, als man bisher anzunehmen geneigt war, und wir noch später bei anderer Veranlassung wieder Ursache haben werden auf sie zurückzukommen.

IV. Anwendung der Bilder Fig. 10 und Fig. 13 zur Aufklärung eines verwickelten, alle Arten elektromagnetischer Drehungen vereint darstellenden Phänomens.

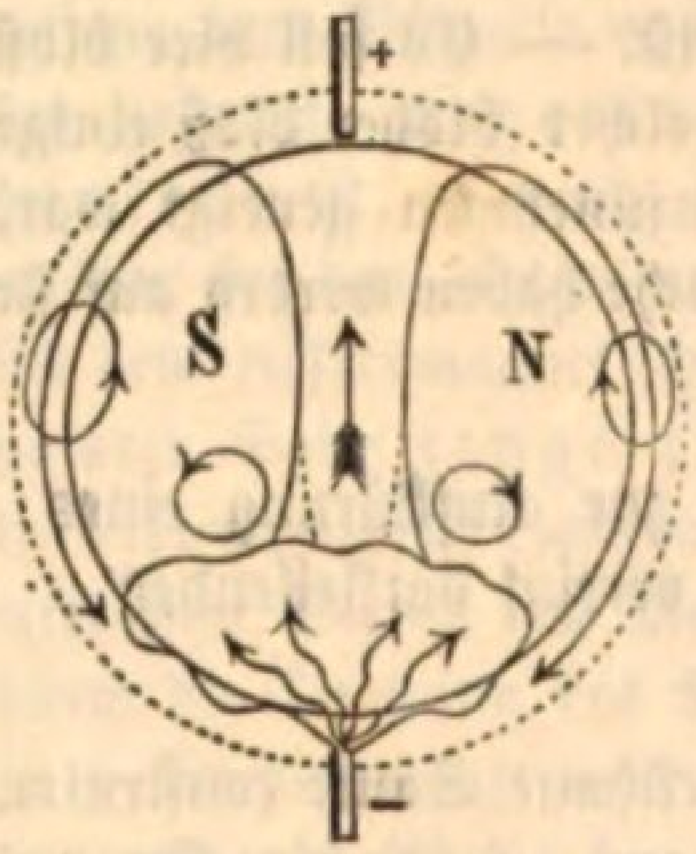
1) Historisches. Bald nachdem Volta seine berühmte Säule construirt, beobachtete der ebenso sinnige als kenntnißreiche Hauptmann, späterhin General v. Hellwig folgende Erscheinung, welche Erman im Jahr 1809 in einer interessanten Abhandlung über das gleichzeitige Entstehen von mechanischer Cohärenz und chemischer Verwandtschaft (in Gilbert's Annalen Bd. XXXII. S. 289) als eine ihm „vor vielen Jahren" gezeigte, „die zugleich damals mehreren Physikern als ein schwer zu lösendes Problem vorgelegt wurde," mit folgenden Worten beschreibt. „Ein Quecksilbertropfen von 2 bis 3 Linien sei mit einer geringen Masse Wasser bedeckt und umgeben. Der negative Draht sei irgendwo in dieses Wasser getaucht, der positive ebenfalls, aber ganz nahe am Quecksilbertropfen. Dieser Tropfen verändert augenblicklich seine sphärische Gestalt und zieht sich lang gegen den positiven Draht zu, bis er ihn berührt hat. Wenn dies geschehn ist, springt der verlängert gewesene Theil schnell zurück und die Masse rundet sich wieder ab; darauf dehnt sie sich wieder aus, aber in einer Richtung, die mit der vorigen einen rechten Winkel macht; endlich nimmt sie wieder die Kugelgestalt an, und darauf beginnt die Reihe dieser Veränderungen in derselben Ordnung aufs Neue. Die Schnelligkeit dieser doppelten entgegengesetzten Vibrationen ist so groß, daß man sehr viel Mühe hat, sie deutlich wahrzunehmen; das Auge sieht gewissermaßen nur einen flimmernden Stern, dessen vier Strahlen die zwei senkrechten Axen der Ellipsoide sind, in die das sphärische Quecksilber mit continuirlicher Abwechselung umgestaltet wird." — Zur Aufklärung dieses merkwürdigen Phänomens mußte es zweckmäßig scheinen, mit größeren Flächen reinen Quecksilbers und mit Anwendung verschiedener Flüssigkeiten den Versuch anzustellen. Dabei zeigten sich nun auf der Oberfläche des mit einer dünnen Schicht von Flüssigkeit übergossenen Quecksilbers merkwürdige „Strömungen" und „Strömungsfiguren" nach Erman's

---

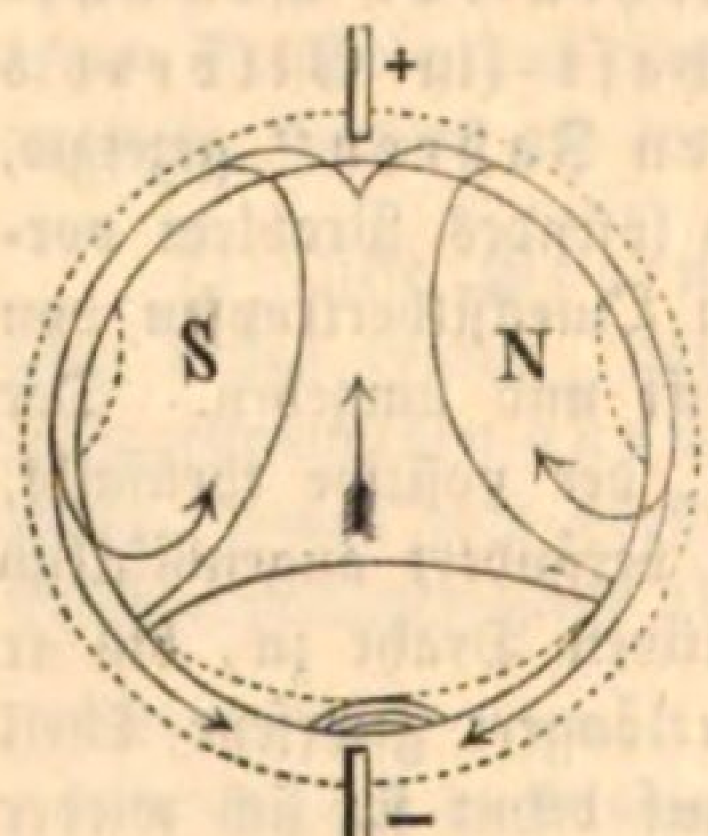
Entwickelung und Ausbildung begriffenen Kreis von magnetoelektrischen Phänomenen darum an ihrer Stelle, um fühlbar zu machen, wie wesentlich für eine magnetoelektrische Bildersprache die Hervorhebung der Gegenwirkung des Leiters sei, eben weil diese Gegenwirkung mit Erscheinungen zusammenhängt, die viel bedeutsamer sind, als daß die gewöhnliche bloß negative Bezeichnung durch Leitungswiderstand ausreichen könnte. Nicht Nebendinge nämlich, die gewissermaßen von selbst sich verstehn, vielmehr nur die am meisten bedeutsamen und durchgreifenden Hauptbeziehungen sind hervorzuheben in einer strengwissenschaftlichen physikalischen Bildersprache.

Ausdruck, welche derselbe in obiger Abhandlung durch drei Zeichnungen darstellt Fig. 16, 17, 18, die sich leicht von selbst erklären, indem nämlich der innere Ring die Quecksilberfläche, der äußere den Kreis der darüber gegossenen und sie umgebenden Flüssigkeit darstellt, während Platindrähte als Polardrähte gebraucht wurden *). In Fig. 16 war das Quecksilber mit einer dünnen Schicht concentrirter Schwefelsäure (die mit Heftigkeit in geschlängelten Strömen dem negativen Drahte gegenüber sich zurückzog), in Fig. 17 mit einer gesättigten Auflösung kohlensauren Kali's übergossen. Die Umkehrung der Strömungen erfolgte im letzten Fall augenblicklich dadurch, daß der negative Polardraht ins Quecksilber eingetaucht wurde, wie die Zeichnung Fig. 18 solches darstellt.

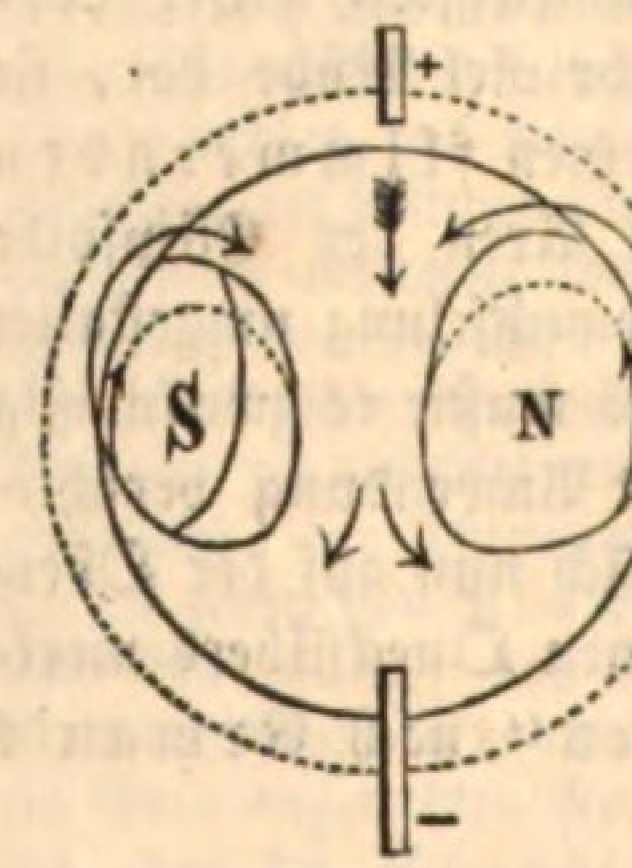
(16)



(17)



(18)



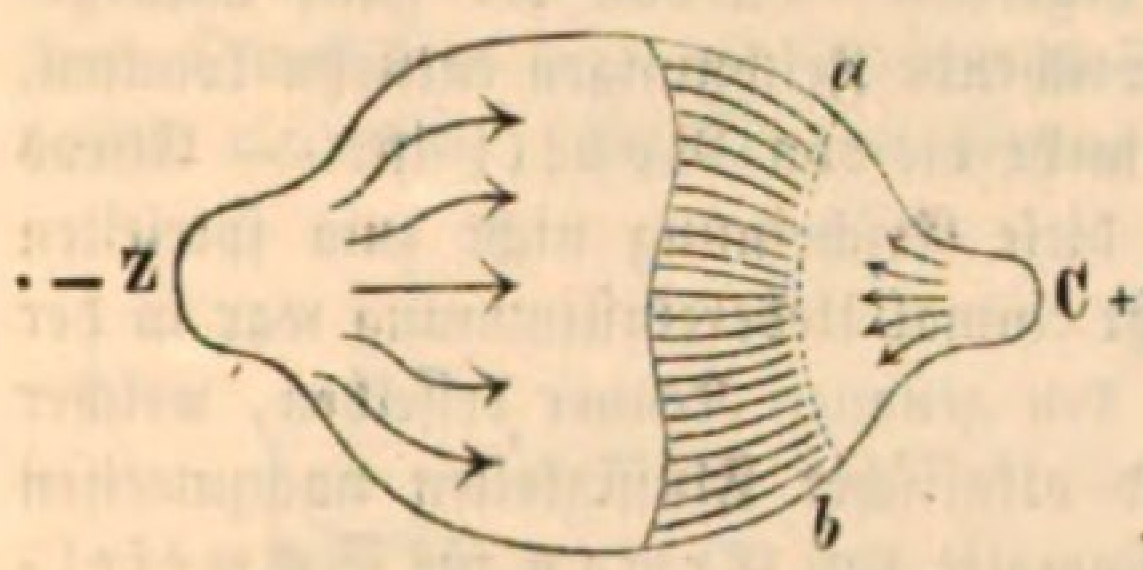
So interessant diese „galvanischen Figuren" sind, wie Erman sie nannte, so kamen sie doch erst im Jahr 1824 wieder zur Sprache, wo Herschel schrieb „über merkwürdige Bewegungen flüssiger Leiter durch Elektricität" (s. Jahrb. d. Chem. u. Phys. 1825. Bd. XLIV. S. 177 bis 216). Auch hier ist bloß von Strömungen die Rede, welche entweder vom positiven Platinpolardraht oder vom negativen ausgehn. Allerdings konnte Herschel nach Entdeckung des Elektromagnetismus „die große Analogie mit den elektromagnetischen Drehungen" nicht verkennen. Er hebt sie ausdrücklich hervor; aber statt diese Analogie zu studiren, sprach er wie hingerissen durch den Zauber dieser wundervollen Erscheinungen es als Schlußresultat aller seiner so mühsamen Forschungen aus: „wir dürfen nicht in den magnetischen Wirbeln die Ursache dieser Bewegungen suchen, sondern in einer neuen und eigenthümlichen Wirkungsart der Elektricität, deren vollständigere Entwickelung noch zahlreiche sehr genaue Versuche erfordern wird **)." — Als besonders einflußreich dabei betrachtet er die Reduction der Alkalimetalle. Denn er dehnt seine Versuche vorzüglich auf Neutralsalze aus, und namentlich bezieht sich die einzige Zeichnung, welche er von seinen Beobachtungen mittheilt, auf

*) Es ist nicht zu übersehen, daß Erman der freien Beweglichkeit seiner größeren Quecksilbermassen durch die Art, wie er sie umschloß, entgegenwirkte. „Man schütte (sagte er) in eine flache Schale von 4 bis 5 Zoll Durchmesser über reines Quecksilber eine möglichst dünne Schicht irgend einer leitenden Flüssigkeit." Der aufsteigende Rand der flachen Schale hindert offenbar das Quecksilber an freier Veränderung seiner Gestalt.

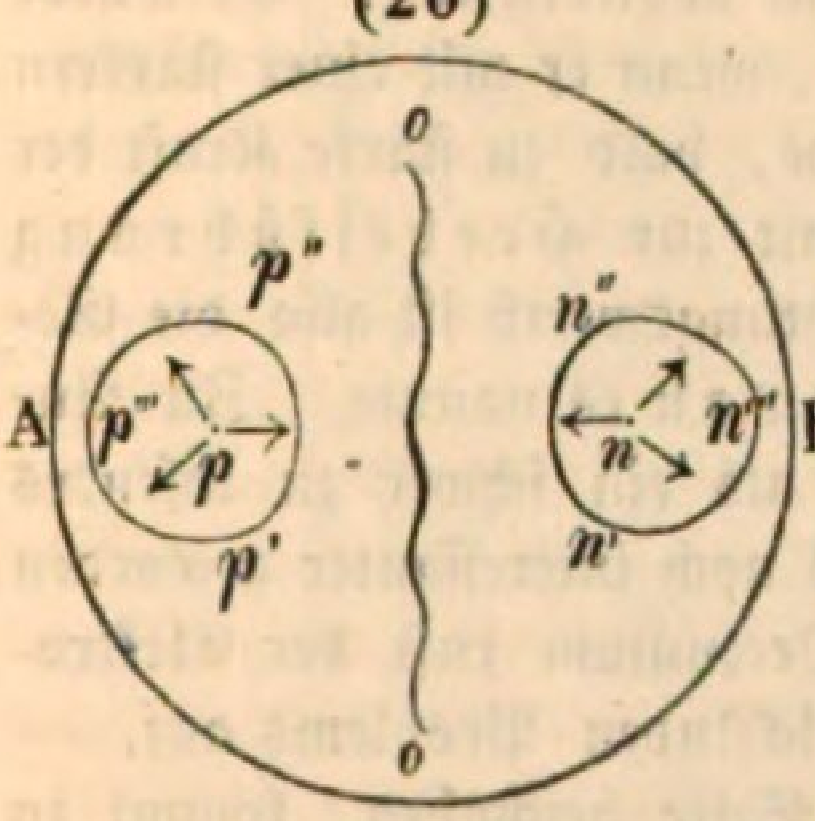
**) Jahrb. d. Ch. u. Ph. 1826. Bd. XLVIII. S. 249. Der hier angeführte Versuch, bei Theilung einer Schale durch ein sehr dünnes Glimmerblättchen in zwei Fächer die Dre-

schwefelsaures Natron, worüber er Folgendes sagt: „wenn eine Kugel von reinem Quecksilber, 400 bis 500 Gran schwer, in eine Auflösung von schwefelsaurem Natron gebracht und der Kreis in der Flüssigkeit geschlossen wurde, ohne einen Pol mit dem Quecksilber in Berührung zu bringen, so erzeugte sich ein Strom von dem negativen Drahte. Wurde eine augenblickliche Berührung mit diesem Drahte veranlaßt und der Kreis wie zuvor in der Flüssigkeit geschlossen, so bildete sich der Gegenstrom von dem positiven Pole. In Folge dessen nahm die Kugel die Figur Fig. 19 an, welche eine doppelte Verlängerung hat in Z, dem nächsten Punkte am negativen Pole, und eine spitzere in C zunächst dem positiven Pole, mit einer Art von Wall in a b. Die in Z erzeugte Oxydlage wurde nämlich gegen C getrieben, aber sie reichte niemals über den Gürtel a b, wo sie in constanter Menge stehn blieb, indem sie an dem Rande C ebenso schnell absorbirt, als am andern erzeugt wurde.“ — Es wird aufmerksam gemacht auf Veränderung der Figur bei Fortsetzung des Versuches. — Pfaff, der im Jahr 1826 im Journ. d. Chem. u. Phys. Bd. XLIII. S. 190 bis 246 eine Abhandlung über diese merkwürdigen galvanischen Figuren publicirte, bezeichnet dieselben als abhängig von „galvanisch elektrischen Strömungen“, bemüht vorzüglich, den Einfluß verschiedener chemisch wirkender Flüssigkeiten näher kennen zu lernen. — Nobili suchte im Jahr 1727 (s. Journ. d. Chem. u. Phys. 1828. Bd. LIV. S. 40 bis 65) die „galvanischen Figuren“ mit seinen „elektrochemischen Figuren“ in Verbindung zu bringen. Bei letztern war er gewohnt, den Platinpolardrähten eine recht genaue constante Stellung durch eine angemessene Vorrichtung zu geben. Dieselbe wandte er an, um die Polardrähte in perpendicularer Richtung über das mit Flüssigkeit übergossene Quecksilber zu bringen. Fig. 20 und 21 zeigt die Art, wie er die Erscheinung abbildet. In Fig. 20 taucht bei B der positive, bei A der negative Platin=

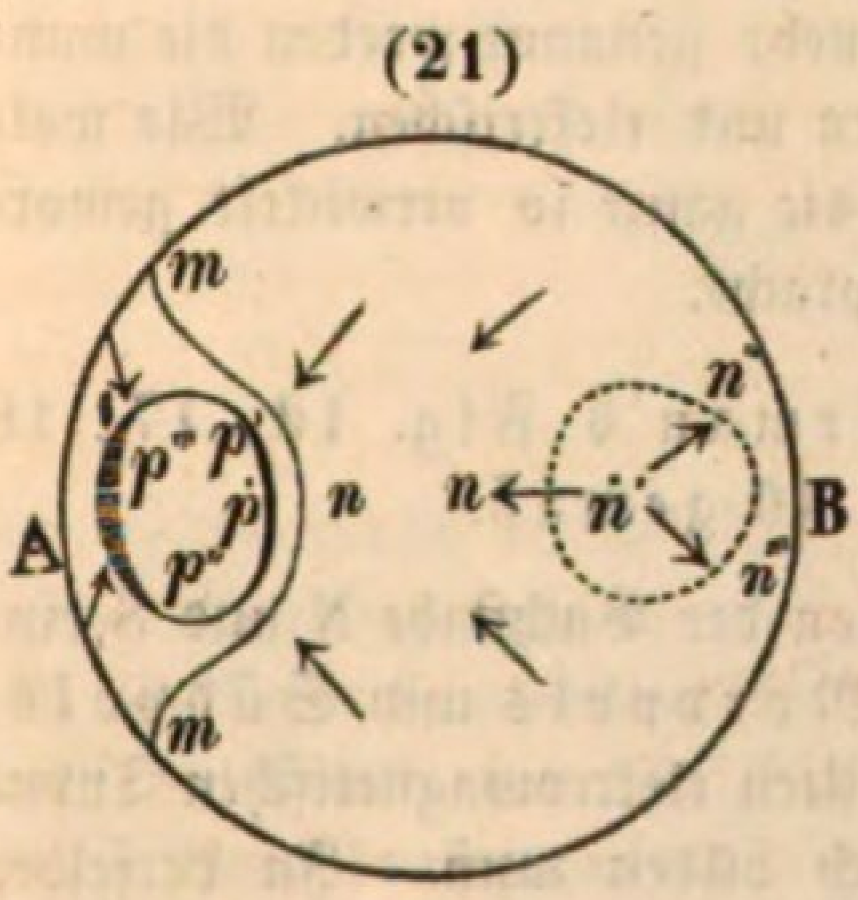
(19)



(20)



(21)



hungen in einem Fache durch die im andern zu stören, mußte natürlich ebenso mißlingen, wie der frühere, durch künstliche Magnete sie zu stören. „Die Ströme (sagt Herschel mit Recht) sind stärker im Verhältnisse zu der angewandten elektrischen Kraft, als die Bewegungen, welche durch die Wirkung der Magnete hervorgebracht werden.“ — Das genaue Studium der wenigstens scheinbaren Analogie jener Drehungen mit den elektromagnetischen war aber, wie wir nachher sehn werden, unmöglich ohne jene generellen Ausdrücke, wie unsere Bildersprache sie darbietet. Da hiervon alsbald die Rede sein soll, so übergehn wir in dieser historischen Darstellung die schon im Jahrb. d. Chem. u. Phys. für 1826. Bd. XLVI. und XLVIII. darüber geschriebene, von jener Bildersprache ausgehende Abhandlung.

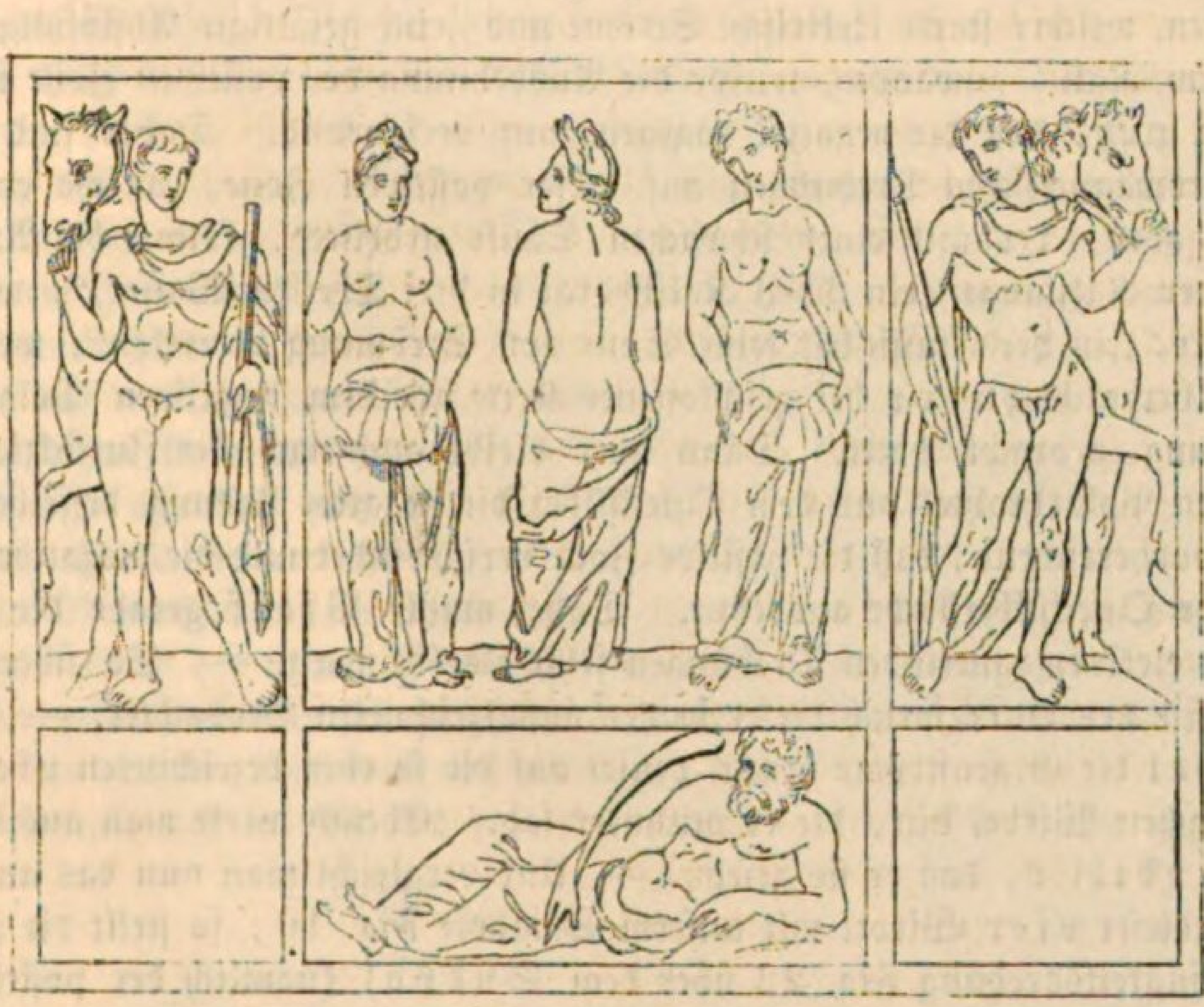
draht etwa zwei Linien tief (perpendiculär über dem noch unberührt gebliebenen Quecksilber) in die schwefelsaure Natronlösung. In Fig. 21 aber war der negative Platindraht eben aus dem eine Minute lang negativ elektrisirten Quecksilber zurückgezogen worden. — Nobili macht bei seiner Zeichnung selbst die Bemerkung: „die Bewegungen, welche die Lösung auf der Oberfläche des Quecksilbers annimmt, sind bisweilen so reißend und unregelmäßig, daß sie das Auge des Beobachters in Verwirrung bringen. Um sich vom wahren Stande der Dinge zu überzeugen, darf man sich nicht auf einen einzigen Versuch beschränken; er muß oft wiederholt und abgeändert werden." — Wirklich muß man ein sehr guter Kenner des Phänomens sein, um zu begreifen, wie von der ganz naturgetreuen Darstellung Erman's so sehr abweichende Zeichnungen entstehn konnten, wie die von Herschel gegebene und noch mehr die von Nobili ist. — Etwas Abschreckendes lag für diejenigen, welche diese Erscheinung nicht zum speciellen Studium gemacht, offenbar darin, daß nicht einmal Uebereinstimmung war in der Abbildung des Phänomens. Für Pfaff, den genauen Kenner desselben, welcher den Gegensatz in der Wirkung saurer und alkalischer Flüssigkeiten nachzuweisen suchte, war es besonders eine unerklärliche Anomalie, daß Erman für Schwefelsäure und kohlensaures Kali gleichartige Ströme abbilden ließ. Er würde aber Erman's Beobachtung bestätigt gefunden haben, wenn er mit einer stärkern Säule gearbeitet hätte. — Indem nun bald zu schwache, bald zu starke Kraft der Elektricität angewandt wurde, so wirkte auch dies mit zur Herbeiführung einer gänzlichen Verwirrung. — Ganz beachtungswerth ist also die Geschichte des „Hellwig'schen Problems", wie Erman es nannte. Zu Anfang unsers Jahrhunderts wird es mehreren Physikern als ein schwer zu lösendes vorgelegt. Gegen Ende des ersten Decenniums war es noch interessanter geworden durch Erman's galvanische Figuren. Im dritten Decennium ruft der Elektromagnetismus zur Lösung des immer mehr sich verwickelnden Problems auf. — Aber im vierten und fünften Decennium wird es zur Seite geschoben, kommt in keinem Lehrbuche mehr zur Sprache, nicht einmal mehr genannt werden die wundervollen galvanischen Figuren neben den magnetischen und elektrischen. Wir wollen nun zeigen, wie leicht sie verstanden, wie leicht die ganze so verwickelt gewordene Aufgabe zu lösen sei vermittelst unserer Bildersprache.

2) Auffassung der Zeichnungen Erman's Fig. 16, 17, 18 dem Typus des symbolischen Bildes Fig. 10 gemäß.

Es wurde in diese Zeichnungen Erman's schon der Buchstabe N und S eingeschrieben zur Bezeichnung des elektromagnetischen Nordpols und Südpols, wie er dem allgemeinen durch Fig. 2 und 4 dargestellten elektromagnetischen Typus gemäß auf der Oberfläche des Quecksilbers sich bilden muß. In derselben Abhandlung über Elektromagnetismus (Jahrb. d. Chem. u. Phys. 1826. Bd. XLVI. und XLVIII.), worin diese Bildersprache zuerst mitgetheilt wurde, ist (Bd. XLVIII. S. 326) diese hier bezeichnete Vertheilung des Magnetismus auf der Oberfläche des Quecksilbers auch unmittelbar durch die Abweichung einer so nahe als möglich gebrachten Magnetnadel nachgewiesen worden. — Betrachten wir nun Fig. 18, so wissen wir, da hier der negative Polardraht das Quecksilber berührt, daß sowohl dieses Quecksilber, als die über ihm befindliche Flüssigkeit negativ elektrisch sein müsse. Demnach wird sich über dem elektromagnetischen Südpol S

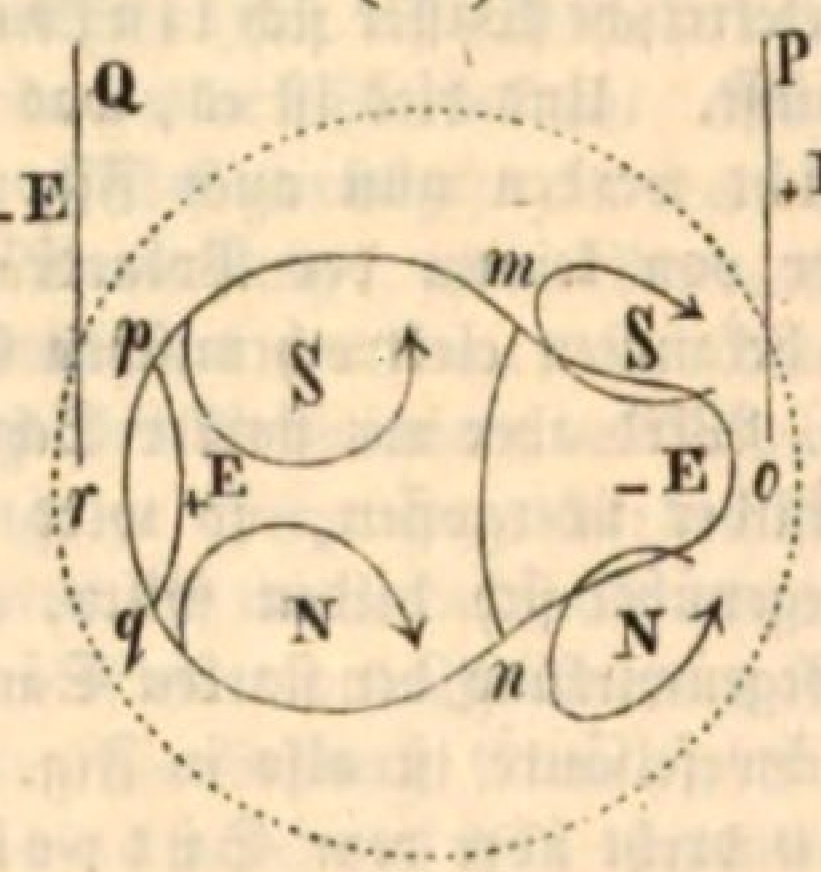
das negativ elektrisirte Wasser rechtsum bewegen, dem Typus unserer Fig. 10 gemäß, woraus zugleich folgt, daß dasselbe negativ elektrische Wasser sich linksum über dem elektromagnetischen Nordpol N bewegen müsse. Und dies ist es, was die Zeichnung Erman's Fig. 18 ausdrückt. — Leicht werden nun auch Fig. 16 und 17 zu deuten sein. Hier wird das Quecksilber von keinem der Polardrähte berührt. Unter diesen Umständen sollte sich den bekannten elektrochemischen Gesetzen gemäß das Quecksilber in zwei Zonen theilen. Wird aber mit starker Schwefelsäure (worauf Fig. 16 sich bezieht) das Quecksilber übergossen, so wird die negative Zone, welche dem positiven Polardrahte gegenüber sich bilden sollte, gar nicht zu Stande kommen, unterdrückt durch die Gegenwirkung der starken Säure. Das Quecksilber und die darüber ausgegossene Schwefelsäure ist also in Fig. 16 positiv elektrisch. Gemäß dem Typus der Fig. 10 dreht über dem Südpol S

(10)



sich die positiv elektrisirte Flüssigkeit linksum; über dem Nordpol N also nothwendig rechtsum. Und dies ist es, was Erman wirklich beobachtet und in Fig. 16 gezeichnet hat. — Bei Anwendung von Neutralsalzen und angemessener Stärke des elektrischen Stromes werden aber wirklich die beiden Zonen (die positive dem negativen, die negative dem positiven Polardrahte gegenüber) sich ausbilden, und eben darum sind schon in der vorhin angeführten Abhandlung (Jahrb. d. Ch. u. Ph. 1826. Bd. XLVIII. S. 351) vier elektromagnetische Wirbel als der Typus der vollkommen ausgebildeten Erscheinung bezeichnet, während umständlich die Gründe entwickelt wurden, welche so häufig das Gleichgewicht der beiden Zonen stören und das einseitige Auftreten der einen oder andern herbeiführen. — In einer Nachschrift aber zu Nobili's Abhandlung (Jahrb. d. Ch. u. Ph. 1828. Bd. LIV. S. 67) ist jene vollkommen ausgebildete Erscheinung durch Fig. 22 dargestellt, welcher Zeichnung folgende Er-

(22)



klärung beigefügt ist, „die punktirte Linie bezeichnet die Grenze der in ganz dünner Lage aufgegossenen Flüssigkeit (hier kohlensauren Kali's), worein die Polardrähte P und Q tauchen, ohne das Quecksilber zu berühren, welches bei Eintauchung derselben die Gestalt omprqno annimmt. Elektromagnetischen Gesetzen gemäß ist NN die nordmagnetische, SS die südmagnetische Hälfte der elektrisirten Quecksilberfläche, wenn der Strom von P nach Q geht. Das Quecksilber aber muß sich elektrochemischen Gesetzen gemäß in zwei Zonen theilen, von denen die eine mnqrpm die positive ist, welche gewöhnlich die größere Ausdehnung hat, während mnom die negative Zone darstellt" *). — Bei Erman's Versuchen, welcher starke elektrische Ströme und „eine gesättigte Auflösung von kohlensaurem Kali" anwandte, wurde die Ausdehnung der positiven Zone im Quecksilber so groß, daß die negative dagegen ganz verschwand. Daher sind es allein die elektromagnetischen Drehungen auf dieser positiven Zone, welche er abbildet. Pfaff aber, der mit einer schwachen Säule arbeitete, konnte bei Anwendung „gemeiner Kalilauge (ein Theil Kalihydrat in drei Theilen Wasser)", wie er sich ausdrückt, „in der Flüssigkeit keine Spur von Strömung bemerken", wenn er das Quecksilber nicht zuvor bei geschlossener Kette mit dem negativen Polardraht in Berührung gebracht hatte. Dann aber bleibt auch nach der Zurückziehung des negativen Polardrahtes aus dem Quecksilber die negative Ladung desselben in dem Grade vorherrschend, daß die positive Zone verschwindet und die negative sich über die ganze Quecksilberfläche ausdehnt. Daher mußte Pfaff gerade die entgegengesetzten elektromagnetischen Drehungen sehn als Erman. — So überaus leicht erklärt sich der Widerspruch dieser beiden ausgezeichneten Beobachter. — Was aber Herschel die Gegenströme nennt, deutet auf die so eben bezeichneten vier elektromagnetischen Wirbel hin, die er mitunter sah. Ebenso merkt man aus der Zeichnung Nobili's, daß er sie gesehn. — Und vergleicht man nun das ausgebildete System dieser vier Wirbel mit unserm Symbole Fig. 10, so stellt die Zeichnung der Flüssigkeitsdrehung Fig. 22 über dem Südpol (nämlich der positiv elektrischen linksum, der negativ elektrischen rechtsum) genau dasselbe dar, was die bildliche Darstellung jener symbolischen Hieroglyphe ausspricht.

3) Erklärung der in Fig. 19 und 22 angedeuteten Umgestaltung des Quecksilbers durch das symbolische Bild Fig. 13.

Die ursprüngliche Beobachtung Hellwig's zeigt, wie bedeutsam die Quecksilberbewegungen für dieses ganze Phänomen sind. Herschel war geneigt, diese Bewegung des Quecksilbers als das Wesentliche bei der ganzen Erscheinung zu

*) Die angedeutete Oxydanhäufung um pqr ist, ebenso wie die Zonengrenze mn, theils veränderlich, theils mehr oder weniger in die Augen fallend. In Abhängigkeit von dieser Zonengrenze halten sich die Wirbel in der kohlensauren Kalilösung an der — E Zone mehr oder weniger zur Seite, während im ersten Falle die Flüssigkeit (wenn nicht zu viel aufgegossen wurde) zurückweicht von der rein glänzend hervortretenden Quecksilberoberfläche.

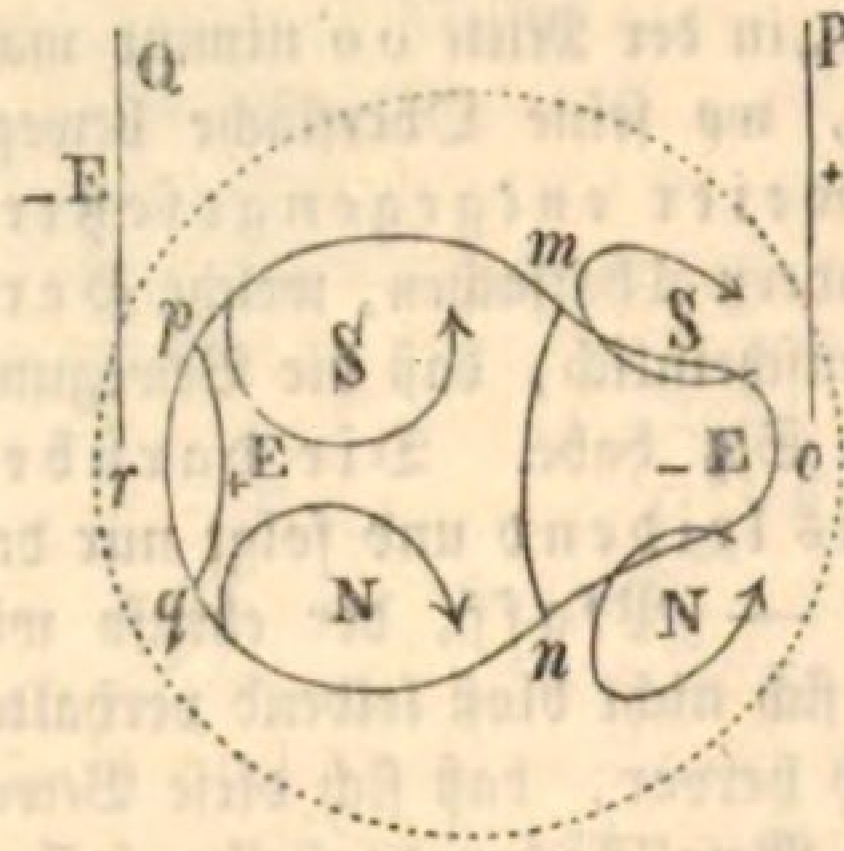
betrachten, woran die der Flüssigkeit sich als etwas Secundäres anschließe. Auch Nobili sagt (mit Beziehung auf seine Fig. 20): „in der Mitte o o nimmt man auf dem Quecksilber eine oder zwei Linien wahr, wo seine Oberfläche bewegt erscheint, wie durch das Zusammentreffen zweier entgegengesetzter Ströme. Dieser Umstand in Verbindung mit andern Thatsachen, welche Herschel in seiner Abhandlung beibringt, beweist augenscheinlich, daß die Bewegung auf der Oberfläche des Quecksilbers ihren Sitz habe. Die darüber stehende Flüssigkeit verhält sich durchaus leidend und folgt nur der den Quecksilbertheilchen aufgedrängten Bewegung." — Pfaff, der ebenso wie früher Erman sich überzeugte, daß die Flüssigkeit sich nicht bloß leidend verhalte, sondern eigenthümliche Bewegung zeige, hebt doch hervor, daß sich diese Bewegungen nicht auf festen, wenn auch noch so glatten Metallflächen darstellen lassen, und schließt daher seine Abhandlung mit den Worten: „die Art der Mitwirkung des flüssigen Zustandes des Metalls ist ein Punkt, den fernere Forschungen aufzuklären haben." —

Ein Blick auf unser Symbol Fig. 13 ist hinreichend diesen Punkt aufzuklären. Denn die Idee des sich drehenden Magnets ist in unserer sich bloß auf Hervorhebung des Wesentlichen beschränkenden Bildersprache so allgemein bezeichnet, daß man in Fig. 13 auch recht gut an einen flüssigen Magnet, und zwar einen Quecksilbermagnet denken kann, wie er sich nothwendig bilden muß bei den Versuchen, wovon hier die Rede ist. Denn elektromagnetischen Gesetzen gemäß stehn den Polen auf der Oberfläche des Quecksilbers, wie sie in Fig. 22 bezeichnet sind, die ungleichnamigen Pole auf der untern Fläche des Quecksilbers entgegen. Hierdurch bilden sich also offenbar zwei Quecksilbermagnete, welche unter denselben Bedingungen wie Stahlmagnete um ihre Axe sich drehen werden. Und dabei können diese Quecksilbermagnete nach Umständen sich theilen, so daß vier werden aus den zwei; und wenn der untere Pol eines solchen Quecksilbermagnets durch Reibung am Gefäße gehindert wäre sich zu drehen, so kann offenbar der obere Pol sich allein um seine Axe drehen, eben weil von einem flüssigen Magnet die Rede. Betrachten wir in diesem Sinne in Fig. 22 die positive Zone m p r q n m, und wir werden finden, daß die Bedingungen zur Axendrehung linksum, wie sie unser Symbol Fig. 13 darstellt, bei dem Magnete gegeben sind, dessen Südpol emporgerichtet ist. Denn aus der aufgegossenen Flüssigkeit strömt positive Elektricität in diesen Südpol ein und negative Elektricität kommt ihr in der Indifferenzzone vom Polardrahte Q entgegen. Unter derselben Bedingung muß

(13)



(22)



also in dieser positiven Zone der Magnet, dessen Südpol abwärts gekehrt und dessen Nordpol emporgerichtet ist, sich rechtsum drehen. Das Umgekehrte gilt offenbar von der negativen Zone. Es treffen also die Axendrehungen der Quecksilbermagnete mit den gesetzlichen Drehungen der Flüssigkeit über den Polen dieser Quecksilbermagnete zusammen. Und dies ist ein Hauptpunkt, worauf es hier ankommt. Denn wir sehen nun sogleich, warum wir nicht berechtigt sind zu erwarten, daß auf einer auch noch so glatten festen Metallfläche (selbst wenn eine an Glätte der vollkommen reinen Quecksilberfläche gleichkommen könnte) dieselben Drehungen der Flüssigkeit entstehn sollen, die hier in so hohem Grade begünstigt werden durch die gleichnamigen Drehungen der Quecksilbermagnete. Zugleich begreifen wir, warum durch die Drehungen dieser Quecksilbermagnete sich die Gestalt des Quecksilbers ändern müsse. In der positiven Zone führt die Neigung der Elemente zur Oxydation eine schwerere Beweglichkeit der Theile herbei, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man in das Quecksilber den positiven Polardraht eintaucht, wodurch es ganz seine Leichtflüssigkeit verliert, schwerfällig in ganzer Masse, wie zäh geworden, sich bewegend. Unter solchen Umständen (d. h. überhaupt bei Verminderung der Beweglichkeit der einzelnen Quecksilbertheile) wird also die Drehung der Quecksilbermagnete in der positiven Zone nothwendig eine Ausdehnung der ganzen Masse in die Breite bewirken, wie Fig. 22 sie zeigt, während dieselbe Drehung in der negativen Zone einen Theil des hier so leicht beweglichen Quecksilbers vorwärts schiebt. Man begreift übrigens, daß, wenn sich die negative Zone des Quecksilbers so weit vorgegossen hat, um den positiven Polardraht zu berühren, die ganze Masse augenblicklich positiv geladen wird (im Sinne Ritter's den Ausdruck Ladung genommen), folglich die negative Zone verschwindet und im Sinne der positiven die Ausdehnung erfolgt, wie Fig. 22 sie darstellt, d. h. perpendicular zur Richtung, in welcher sich die negative Zone unmittelbar zuvor gegen den + E Draht bewegte. Dieser positive Ladungszustand, herbeigeführt durch bloß augenblickliche Berührung des positiven Pols, ist aber nur von ganz kurzer Dauer. Die negative Zone tritt aufs Neue hervor, womit neue Hinbewegung zum positiven Poldrahte verbunden. — Ganz verständlich wird also nun die Entstehung des zuerst von Hellwig beobachteten Phänomens *).

*) Man sieht, wie vollständig die beiden Symbole Fig. 10 und Fig. 13 die ungemein verwickelte Erscheinung erklären. Dies war schon im Jahr 1836 gezeigt in der Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwissenschaft S. 281, wo ein einziges Blatt zur Aufklärung von Phänomenen genügte, die dunkel geblieben waren nach so vielen und langen Abhandlungen darüber. Eben in der Kürze und Schärfe des Ausdruckes liegt der Vorzug jener Bildersprache vor der Schriftsprache. Dies sollte dort gezeigt werden an einem Beispiele. — Aber die Physiker wollten lieber das wundervollste und schönste, alle Arten elektromagnetischer Drehungen in gesetzlicher Vereinigung darstellende Phänomen aus allen Lehrbüchern verbannen und in Vergessenheit bringen, als sich entschließen, über die so wenig brauchbare einzelne Ampère'sche Figur hinaus zu gehen und einer schon im Jahrb. d. Ch. u. Ph. von 1826 umständlich dargelegten elektromagnetischen Bildersprache einige Aufmerksamkeit zu schenken. Nicht einmal zur Prüfung sollte sie gelangen; so sehr schien sie heterodox. — Also nicht

Zugleich sieht man, wie nichtig der Einwurf ist, das Phänomen könne nicht elektromagnetisch sein, weil Stahlmagnete außen hingehalten ohne Einfluß darauf sind. Man müßte, da es sich von vier mit entgegengesetzten Polen drehenden Quecksilbermagneten handelt, um einen vollkommenen Gegensatz zu haben, wenigstens zwei entgegengesetzte Pole der Stahlmagnete anwenden, welche in so großer Nähe sich stören und schwächen müßten, während bei den immer neu aufblitzenden Quecksilbermagneten solches nicht der Fall ist. Den sich drehenden Wirbeln der Flüssigkeit aber sind diese Quecksilbermagnete unendlich näher, als Stahlmagnete gebracht werden können, da sie diese Flüssigkeit unmittelbar berühren, während sie außerdem das vor den Stahlmagneten voraus haben, daß sie durch ihre Drehung die gleichnamige Drehung der Flüssigkeit befördern.

4) Experimentale Bemerkungen.

a) Man versäume nicht, um die elektromagnetischen Drehungen der Flüssigkeit recht augenfällig darzustellen, von einem Stückchen Schwefel (oder Kohle) feines Pulver abzuschaben auf die z. B. (wie in Fig. 22) mit gemeiner kohlensaurer Kalilösung dünn übergossene reine Quecksilberfläche. Je zarter das aufgeschabte Schwefelpulver ist, desto günstiger ist es für die Beobachtung. Man überzeugt sich sogleich, daß die so dünn als möglich aufgegossene Flüssigkeit sich selbstständig bewegt. — Was das Quecksilber aber anlangt, so empfiehlt schon Herschel „ein frisch destillirtes und durch Waschen mit verdünnter Salpetersäure gereinigtes Quecksilber anzuwenden." — Wenigstens die letztere Vorsicht ist zu empfehlen, selbst wenn man der Reinheit des Quecksilbers ganz sicher zu sein glaubt.

b) Sehr viel kommt auch an auf genaue Stellung der Platinpolardrähte im Verhältnisse zur Quecksilberfläche. Herschel, welcher mechanische Gesichtspunkte mit vor Augen hatte und daher auf Reibung des Quecksilbers an der Schale Gewicht legte, wandte eine Abrauchschale von Wedgwood an. Um von allen Seiten beobachten zu können, ist ein kugelförmig gebogenes größeres Uhrglas zu empfehlen, weil in flacher Schale die Beweglichkeit des reinen Quecksilbers störend werden kann, wenn man nicht wie Erman die ganze Fläche übergießen, sondern mit einer kleinen Quecksilbermasse (von etwa 1—2 Zoll Durchmesser) sich begnügen will. — Um die Platindrähte beliebig dem Quecksilber zu nähern oder von demselben zu entfernen und sie festzuhalten in genau bestimmter Lage, ist eine besondere Vorrichtung angegeben im Jahrb. d. Ch. u. Ph. 1826. Bd. XLVIII. S. 339. — Wenn das Uhrglas auf dem Ringe eines gewöhnlichen chemischen Stativs steht, so kann man zwei andere Stative daneben stellen mit Korken in den Ringen. In diesen Korken sind die Platindrähte, durch welche der elektrische Strom geleitet werden soll, befestigt und zwar in einer Vertiefung, worein einige Tropfen Quecksilber gegossen werden. Wenn die Drähte gehörig gestellt sind, dann erst wird

---

allein in der Theologie neuerer Zeit, sondern auch in andern Wissenschaften zeigt sich eine unwissenschaftliche Anhänglichkeit an das Geltende bloß darum, weil es gilt, welche man dreist genug ist, Orthodoxie zu nennen. Auf welche Weise sich auch in der Physik diese Orthodoxie geltend zu machen versteht und welche Mittel dabei zu gebrauchen sie nicht verschmäht, davon sind einige Thatsachen angeführt in der Denkschrift zur Säcularfeier der Universität Erlangen (Halle, bei Anton 1843) S. 41, Note, sowie im Journ. für prakt. Chemie 1845 (Bd. XXXIV. S 413 f.) und in der aus Grunert's Archiv für Mathematik und Naturwissenschaft. Th. IX. u X. besonders abgedruckten Abhandlung über das Elektron der Alten S. 2, 13 u. 46, womit die Vorrede S. IX zu vergleichen.

durch jene in die beiden Korke eingebrachten Quecksilbertropfen die Kette geschlossen. — Bei angemessener Stärke des elektrischen Stromes werden dann die vier Wirbeldrehungen, wie sie in Fig. 22 gezeichnet, sogleich beginnen, wenn das zuvor mit Salpetersäure gereinigte und im Uhrglase mit kohlensaurer Kalilösung dünn übergossene Quecksilber noch ganz unberührt geblieben ist von irgend einem der bloß in die Flüssigkeit tauchenden Platinpolardrähte.

c) Alles aber kommt darauf an, daß man die Stärke des elektrischen Stromes ganz in seiner Gewalt habe. Und dazu ist kein Apparat bequemer als der größere elektromagnetische Drehungsapparat mit drei magnetischen Magazinen von Stöhrer. Man wird zwei, ja alle drei magnetische Magazine mit den Ankern schließen, auch langsamer drehen müssen, um das vollkommen ausgebildete Phänomen der vier elektromagnetischen Wirbel zu sehen. Denn wenn dieser Apparat in voller Kraft wirkt, so kann er ganze Massen Quecksilber in jene lebhafte Zuckung bringen, welche v. Hellwig bei einzelnen Tropfen beobachtete. Am besten ist es daher mit der schwächsten Kraft zu beginnen, wobei man bloß die vier Wirbel in der Flüssigkeit sieht, ohne daß die Gestalt des Quecksilbers sich noch merklich abändert; dann nach und nach einen, zwei, endlich alle drei Anker zu entfernen, um sich durch die Gestaltabänderung des Quecksilbers zu überzeugen, daß auch zur lebhaften Drehung der hier auftretenden vier Quecksilbermagnete ein stärkerer elektrischer Strom erforderlich sei, wie wir dies bei dem Stahlmagnete (s. Fig. 12) schon hervorgehoben haben.

d) Berührt der negative Platindraht das Quecksilber, dann müssen sich natürlich die für die negative Zone in Fig. 22 gezeichneten Wirbel über die ganze Quecksilberfläche verbreiten, wie Erman in Fig. 18 die Erscheinung darstellt. Selbst wenn man den negativen Polardraht aus dem Quecksilber zurückzieht, bleibt dasselbe noch geladen im Sinne Ritter's, wozu auch die Amalgamation mit Kalimetall kommen mag, worauf Herschel vorzugsweise Gewicht legt. Es werden daher die Wirbel der negativen Zone noch fortwährend sich über die ganze Quecksilberfläche ausdehnen und erst späterhin wird die positive Zone wieder zum Vorschein kommen mit den ihr eigenthümlichen Drehungen. Will man das erneute Auftreten der positiven Zone beschleunigen, so tauche man auf einige Augenblicke bei geschlossener Kette einseitig den positiven Polardraht ins Quecksilber. In dieser Art kann man gleichsam durch gegenseitige Abstimmung die beiden Zonen ins Gleichgewicht setzen, um das vollkommen ausgebildete Phänomen der vier elektromagnetischen Wirbel so schön zu sehen, als man es wünscht.

e) Wird das Quecksilber eine Zeit lang negativ elektrisirt (durch Eintauchung des negativen Polardrahtes), so stellt das schönste aller Ladungsphänomene sich ein. Hört man nämlich auf, die elektromagnetische Maschine zu drehen, läßt aber die Kette geschlossen oder schließt sie aufs Neue durch den Contact der Silberschnuren, welche an den Polen angebracht, so entsteht augenblicklich die entgegengesetzte Wirbeldrehung, die eine Zeit lang fortdauert. Und diese entgegengesetzte Wirbeldrehung kann sogar (nach einmal gehörig stark gewordener Ladung des Quecksilbers oder unter dem Einflusse einer vorhergegangenen Amalgamirung mit Kalimetall) bedeutend länger fortdauern als die ursprüngliche, durch welche man bei kurzer Drehung der elektromagnetischen Maschine sie aufs Neue hervorrufen kann. Der negative Polardraht und noch mehr das negativ elektrisirte Quecksilber spielt hier offenbar, in Ritter's Sinne geladen, die Rolle des unedleren Metalls im Ver-

hältniß zu dem durch positive Elektrisirung zum Rang eines noch edleren Metalls erhobenen Platindrahtes *). Aber Beachtung verdient es, daß diese Ladung (wenn jene von ihr abhängigen entgegengesetzten Drehungen aufgehört) um so leichter und schneller wieder hervorzurufen, nachdem sie einmal in gehöriger Stärke eingetreten war.

f) Denjenigen, welche die beschriebenen schönen Erscheinungen studiren wollen, ohne im Besitz des elektromagnetischen Drehungsapparats von Stöhrer zu sein, ist zu empfehlen, daß sie der elektrochemischen Ladung zur Verstärkung ihrer Volta'schen Säule sich bedienen mögen. Es genügen zehn Glieder einer Säule aus runden zusammengelötheten Zink- und Kupfer-Platten von 5—6 Zoll im Durchmesser, mit zwischengelegten in mäßig schwefelsaurem Wasser getränkten Pappen. Nur werde die Zinkoberfläche Tages zuvor, ehe man die Säule gebrauchen will, mit Aetzkalilauge benetzt, welche darauf eintrocknen mag; aber unmittelbar vor dem Aufbau der Säule streiche man mit einer in starkes Scheidewasser getauchten Feder über die Kupferfläche hin, welche dadurch zugleich metallisch glänzend und elektrisch geladen wird. Ueberstreichung mit einem Gemisch aus rauchender Salpetersäure und Schwefelsäure könnte noch kräftiger sein zur Bewirkung dieser elektrischen Ladung des Kupfers, d. h. zur Erhebung des Kupfers in den Rang eines viel edleren Metalls, während Zink durch Contact mit Aetzkali den Rang eines noch unedleren Metalls erhielt. Aus demselben auf Ladung (im Sinne Ritter's) sich beziehenden Gesichtspunkte ist der Gebrauch der Salpetersäure bei Grove's Platinbatterie, sowie bei Bunsen's Kohlenbatterie zu betrachten.

V. Schlußbemerkungen über die mitgetheilten Proben einer streng naturwissenschaftlichen Bildersprache (symbolischen Hieroglyphe).

1) Während die zeichnende und bildende Kunst, soweit sie mit Naturgegenständen sich beschäftigt, bisher bloß auf Landschaften oder naturhistorische Gegenstände beschränkt war, so bietet sich ihr durch die bisher besprochene naturwissenschaftliche Bildersprache ein neues ideelles Gebiet dar, worin keine für wahre Kunst so gefährliche schwankende Allegorie sich geltend machen kann. — Es gehört aber auch zum Charakter dieser physikalischen Zeichensprache, Andeutung zu geben der experimentellen Forschung, um auf neue Gebiete sie hinzuleiten. Und da es hierbei auf sinnige Combinationen ankommt, so sieht man, daß an diese streng naturwissenschaftliche Bilderwelt sich ganz verständig eine neue anreihen läßt, worin selbst der Phantasie angemessener Spielraum sich eröffnet. Wir verweisen auf spätere Erläuterungen durch Beispiele, wozu die Artikel circulare Lichtpolarisation, Thermomagnetismus und Sonne Gelegenheit geben.

*) Man wird sich übrigens leicht denken, daß stark negativ elektrisirtes Quecksilber, welches die Rolle des unedleren Metalls (des Zinks in Volta's Kette) spielt, auch gegen den negativen Platindraht, mit welchem es im Contacte ist, dieselbe Rolle spielen könne. Dann kommen also entgegengesetzte elektrische Ströme in Betracht; und es werden natürlich, sobald der positive Polardraht außer Wirkung gesetzt (durch Oeffnung der Kette oder Aushebung aus der Flüssigkeit), die den oben erwähnten secundären entgegengesetzten, also den primitiven entsprechende, Wirbeldrehungen beginnen. Auch gleichzeitig stellen sich zuweilen diese entgegengesetzten Drehungen dar, von der Mitte des Quecksilbers ausgehend gegen den positiven (noch in der Kette befindlichen) und gegen den negativen (im Contacte mit dem Quecksilber stehenden) Platindraht hin.

2) Unsere Bildersprache haben wir bisher als etwas sich der ursprünglich Ampère'schen, bei den Physikern so beliebt gewordenen Figur anreihendes, noch in der Entstehung begriffenes und weiter auszubildendes, ganz dem Geiste fortschreitender Naturwissenschaft gemäß, aufgefaßt. In der That aber hat sie zugleich einen alterthümlichen Charakter, und zwar (gleich jener in der großen Pyramide von Memphis niedergelegten ganz genauen Gradmessung) einen vorhistorischen. Es sprechen nämlich durch ihre sinnigen Dimensionen die ägyptischen Pyramiden (wie Jomard streng mathematisch im siebenten auf die Maße der Alten sich beziehenden Bande der Description de l'Egypte nachgewiesen) gleichsam als symbolische Hieroglyphen zu uns. Wir hatten aber schon vorhin (III. 5 am Schluß) Veranlassung, auf die Idee der symbolischen Hieroglyphe aus einem andern als dem gewöhnlichen Gesichtspunkte aufmerksam zu machen. Und eben dadurch eröffnet sich, bei dem Gebrauche, den die alterthümlichen Mysterien von der zum Theile mißverstandenen naturwissenschaftlichen Ueberlieferung der Vorzeit machten, eine neue, in philosophischer, historischer und theologischer Beziehung gleich beachtenswerthe Ansicht des Alterthums, und zwar namentlich der Kunst und Poesie desselben. Davon zu sprechen ist hier der Ort nicht. Wer von dieser Seite die Sache kennen lernen will, ist hinzuweisen auf die schon vorhin (IV. 3. Note) erwähnte Einleitung in die Mythologie auf dem Standpunkte der Naturwissenschaft.

3) Der Columnentitel dieses Artikels veranlaßt eine Bemerkung, welche sich dem Anfange dieser Abhandlung anschließt. Wir gingen von der astronomischen Bildersprache aus und müssen nun wieder auf sie zurückkommen. Der Leser wird sich überzeugt haben, daß, um davon wissenschaftlich sprechen zu können, bloß auf einem und zwar sehr großen Umwege zum Ziele zu gelangen sei. Wir kamen von den astronomischen Dioskuren, von welchen gleich anfänglich in der Note S. 379 die Rede war, zu Dioskurenbildern ganz anderer Art, welche unabhängig von jeder Beziehung zum Alterthume sich entwickeln ließen. Ihre Betrachtung gewährt uns (was nachträglich erwähnt werden mag) noch einen Nebengewinn für das gemeine Leben, nämlich den, daß wir nun Dioskurenstatuen, welche auf dem Gipfel hoher Gebäude angebracht (wie die capitolinischen in Rom oder die ihnen nachgebildeten in Berlin), mit mehr Verstand beschauen können, als es bisher möglich war in den vorherrschend gewordenen Gedanken bei den Sternen der Dioskuren. — — Daß wir durch das astronomische Dioskurenbild auf eine Periode von 6000 Jahren zurückgeführt werden, davon war schon gleich anfänglich in jener eben erwähnten Note die Rede. Und da wir unsere physikalische Bildersprache aus Naturgesetzen entwickelten, durch welche sie gegeben ist, und dieser Bildersprache sich eine gleichfalls den astronomisch-mythischen angehörige Gestalt, nämlich die des alterthümlichen Hercules, anschloß: so führt uns auch dieser Hercules in eine vorhistorische Zeit. Denn Herodot spricht bei dem ägyptischen und phönicischen von 17000 Jahren, wodurch doch offenbar bloß im Allgemeinen eine vorhistorische Zeit bezeichnet werden soll. Plato aber geht im gleichen Sinne auf 10000 Jahre zurück, um überhaupt den Grundtypus der ägyptischen Bilderwelt als einen vorhistorischen zu bezeichnen (s. über das Elektron der Alten Note 23. S. 28).

Und auf Aegypten und Phönicien werden wir auch zurückgeführt durch den ganzen Bilderkreis, welcher in vorstehender Abhandlung lediglich aus Naturgesetzen

hervorging. Was aber durch die Natur gegeben, solches ist seinem Grund und Wesen nach ganz gewiß vorhistorisch, indem es überhaupt nicht der Ausdruck des Zeitlichen, sondern gleich den Naturgesetzen, welche es darstellt, der Ausdruck des Ewigen ist. Und dies (nämlich überhaupt, daß es sich von physischen, nicht von historischen Dingen bei gewissen feststehenden Typen in dem ägyptischen Bilderkreise handle) wollte wohl Plato ausdrücken, indem er, auf 10000 Jahre zurückgehend, beifügt: „nicht wie man sagt, zehntausend Jahre, sondern wirklich.“ — Es ist fortwährend die Absicht des Philosophen, von der, den Mittelpunkt des Heidenthums bezeichnenden, historischen Auffassung dessen abzulenken, was seinem Grundtypus und Wesen nach nicht der Zeit angehörig.

Die phonetische Hieroglyphe ist eine der Zeit angehörige willkürliche Erfindung. Die symbolische Hieroglyphe aber (deren Begriff erst recht klar hervorgeht aus dem, was hier dargelegt wurde) ist, wie wir sahen, gleich der geometrischen Bildersprache, unabhängig von jeder Willkür. In solchem Zusammenhange, bei dem Rückblick auf eine vorhistorische Zeit entsteht nun allerdings die Frage, ob nicht vielleicht selbst in der so durchaus willkürlich und wunderlich scheinenden astronomischen Bildersprache doch hier und da eine alterthümliche beachtungswerthe symbolische Hieroglyphenschrift versteckt liegen möge. Und hierüber werden wir Gelegenheit haben, bei dem Artikel Sonne beispielsweise etwas mitzutheilen, was zugleich dient zur Erweiterung der bisher entwickelten physikalischen Bildersprache. So muß also eine wissenschaftliche Betrachtung der astronomischen Zeichensprache sich ganz der aus der Natur der Sache abzuleitenden physikalischen Bildersprache anschließen, wenn es möglich werden soll, auch nur einigermaßen, wenigstens theilweise, zur Aufklärung derselben zu gelangen und das Bedeutsame zu sondern von dem, was in jener astronomisch mythischen Zeichensprache nur willkürlich ersonnen und sinnlos ist. Schweigger.

Zu dem im Vorhergehenden Vorgetragenen möge Folgendes als ein Nachtrag über astronomische Bildersprache noch hier Platz finden. Der Mensch hat unstreitig weit früher als seinen eigenen Wohnort, die Erde, den Fixsternhimmel eingetheilt, besonders bezeichnet und in ähnlichen Bildern dargestellt. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich ganz einfach durch die größere Ueberschaulichkeit des Himmels im Vergleich zum Ueberblick der Erdoberfläche, sowie durch die bald aufgefundene Beziehung zwischen dem Wechsel der Jahreszeiten und dem Wiedererscheinen derselben Gestirne, die überdies die sichersten Vorboten periodischer Ueberschwemmungen, wie z. B. des Nils, und anderer cyklischer Naturerscheinungen abgaben. Den Sternen allein konnte der Wanderer, der Schiffer sich anvertrauen; sie allein befolgten eine ewige Regel, die zur Regulirung des Ackerbaues und der Viehzucht benutzt werden konnte.

Hiernach ist es nun leicht erklärbar, warum die am Himmel eingeführten Benennungen und Bezeichnungen sich allein als ein Product der Phantasie. und zwar der dichterischen, darstellen müssen, indem sie zu einer Zeit entstanden, wo die wissenschaftliche Sichtung noch nicht begonnen hatte. Nachher aber hat sich das Alterthum nicht unterstanden, am Hergebrachten, schon zum Gemeingut Gestempelten eine Verstandesbeurtheilung auszuüben.

Wenn augenfällige Gruppirung, leichte Ueberschaulichkeit und dadurch erzeugte Faßlichkeit, ohne übermäßige Beschwerung des Gedächtnisses, als der erste Zweck

einer Eintheilung des Himmels in Sternbilder vorangetreten war und angesehen werden muß, so läßt sich derjenigen Eintheilung, welche die Alten uns überliefert haben, große Zweckmäßigkeit keineswegs absprechen. Auch ist dem Himmel keine Symmetrie angekünstelt worden, denn wir vermissen selbst das Bestreben, zu denjenigen natürlichen Constellationen, welche eine Aehnlichkeit mit einem Natur- oder Kunstgegenstande zeigen, eine dieser Aehnlichkeit entsprechende Benennung zu wählen. Der Fisch, der Wagen, das südliche Kreuz u. a. m. sind nämlich erst von den neuern Astronomen so benannt worden; man findet also bei den Alten eigentlich nur Heroen (nicht die eigentlichen obern Götter, deren Namen den Planeten gegeben wurden), sowie deren Symbole oder Attribute, mithin sogar wirkliche oder fabelhafte Thiere. Die alten Namen aller Sternbilder haben einen mythologischen Ursprung, selbst da, wo man denselben nicht mehr sicher zu erkennen vermag; sie haben offenbar in genauer Beziehung zum Cultus der heidnischen Religionen der ältesten Völker gestanden. Obschon nämlich die uns überlieferte Form der Namen entschieden griechisch ist, so kann doch nicht behauptet werden, daß die Griechen die Ersten gewesen seien, welche in dieser Weise den gestirnten Himmel aufgefaßt haben. So erwähnt z. B. Homer im sechsten Buche der Odyssee die Plejaden und Hyaden; vom großen Bären sagt er: der Bär, den Andere auch den Wagen nennen. Nach Homer hat sich Ulysses dieser Gestirne zur Leitung seines Schiffes bedient. Auch Hesiodus gedenkt der Plejaden, des Arktur, des Orion ꝛc., deren Auf- und Untergang er als Mittel zum Geschäfte des Ackerbaues vorschlägt. Aber auch in den Büchern des alten Testamentes, wie im Hiob, Jesaias, Amos, will man die Namen Orions, der Plejaden und Hyaden gefunden haben, obschon Pallu in den „Mémoires de Trevoux. 1737“ zu zeigen gesucht hat, daß für die so gedeuteten hebräischen Namen erst die 70 Dolmetscher, welche gegen das Jahr 270 vor Chr. Geb. zu Alexandrien das alte Testament übersetzten, diese neuern und früher unbekannt gewesenen Benennungen eingeführt hätten.

Den Aegyptiern gebührt ein großer Antheil an dem Ruhme, zuerst in obiger Weise den Sternenhimmel aufgefaßt zu haben. Wohl möglich ist es indessen, daß die Aegyptier und Griechen zugleich aus einer noch ältern Quelle geschöpft haben. Nach den Untersuchungen A. Holzstamm's soll aber diese Quelle ihren Ursprung nicht durchgängig in Indien genommen haben; wenigstens meint Holzstamm, das Alter des indischen Thierkreises zeige wenigstens, daß die Mondhäuser der alten Indier nicht Sternbilder im eigentlichen Sinne des Wortes gewesen sein könnten. Gognet gab sich viele Mühe, den wahren Ursprung der ältesten Benennungen der Sternbilder bei den Americanern (!) zu finden, wo die ersten diesen Welttheil betretenden Europäer einige Sternbilder-Namen vorgefunden haben, die von den Landeseinwohnern für uralt ausgegeben wurden. Uebrigens herrschte bekanntlich lange die Meinung, daß wir diese Namen fast insgesammt entweder nach La Pluche den Chaldäern, oder nach Dupuis den Aegyptiern verdanken. Endlich aber, wenn man die Nachrichten des de Guignes und mancher seiner Brüder, die sich in China lange aufgehalten, trauen dürfen, hätten wir Alles den Chinesen zu verdanken. Freilich haben sowohl Chinesen, als Japaner uralte und nur ihnen eigenthümliche Sternbilder, wenigstens im Thierkreise, der bei ihnen weit eher als bei uns so heißen kann, indem unser Thierkreis bloß größtentheils, der ihrige dagegen ausschließlich Thierfiguren hat. So besteht die japanische Ekliptik aus folgenden Zeichen:

Ne,	Maus	Muma,	Pferd
Usie,	Stier	Tsilsusie,	Bock
Torra,	Tiger	Sar,	Affe
U,	Hase	Torri,	Hahn
Tats,	Drache	Jnu,	Hund
Mi,	Schlange	Ii,	Schwein.

Aus Allem erhellet, daß das Alter der Sternbilder wohl sehr hoch anzuschlagen ist, aber schwerlich sicher wird ermittelt werden können, was auch von der Erforschung des Ursprunges und der Bedeutung der himmlischen Bilder überhaupt gilt. Manche Zeichen und Bilder mögen auch mit der Zeit gänzlich entstellt oder unkenntlich geworden sein; möglich wohl, daß wir kein älteres Denkmal besitzen, als eben sie. Manche Astronomen und Alterthumsforscher haben sie, wie schon erwähnt, mit den religiösen Einrichtungen der alten Völker und mit der Bildungsgeschichte derselben in Verbindung zu bringen, das Alter der Erde aus ihnen abzuleiten versucht und was dergleichen Bemühungen mehr sind, die aber sämmtlich ohne Erfolg geblieben sind und wahrscheinlich auch künftig bleiben werden, da jene Denkmäler der Vorzeit selbst doch zu unbestimmt sind, um nur einigermaßen sichere Schlüsse auf sie zu bauen. Einige von ihnen scheinen sich allerdings in der That auf den Zustand des Himmels zu der Zeit, wo sie erfunden wurden, zu beziehen. Macrobius (im 4. Jahrh. nach Chr. Geb.) mag diese Ansicht zuerst aufgestellt haben, die dann später immer weiter ausgebildet und auch wohl unter der Leitung der Imagination zu weit fortgeführt worden ist. Macrobius behauptet, daß in dem Thierkreise, auf den wir weiter unten noch einmal zurückkommen werden, das Sternbild des Krebses und das des Steinbocks diese Namen deshalb erhalten haben, weil die Sonne, sobald sie im Krebs am höchsten über dem Aequator ist, gleich einem Krebse wieder zum Aequator zurückkehrt, und weil sie vom Steinbock gleich diesem, wenn er die Felsenspitzen sucht, wieder zum Aequator aufwärts steigt. Diese Idee hat La Pluche in seiner „Histoire du Ciel" und in seinem „Spectacle de la Nature" auf alle übrigen alten Sternbilder fortzuführen gesucht. Nach ihm wurde der Widder in den Anfang des Frühlings gestellt, weil zu dieser Zeit die Schafe ihre Jungen werfen; der Stier kam in den zweiten Monat, um die Fruchtbarkeit der Kühe anzuzeigen; ebenso soll der Löwe mit der größten Sonnenhitze des Jahres, die Jungfrau und ihre Kornähre mit der Erntezeit, die Waage mit der Gleichheit des Tages und der Nacht im Herbstäquinoctium, der Skorpion mit den Krankheiten während der Herbstzeit, der Wassermann mit der Regenzeit u. s. f. im unmittelbaren Zusammenhange stehen. La Mire und Nauze aber bestrebten sich, La Pluche's Meinungen mit gleichem Aufwande von Gelehrsamkeit zu widerlegen; Laplace meinte, daß diese Zusammenstellungen der Namen jener Sternbilder mit den Erscheinungen am Himmel und in der Natur auf der Erde sich viel besser machen ließen, wenn man die ganze Sache umkehrt und annimmt, daß zur Zeit der Erfindung jener Benennungen die Himmelssphäre um volle 180 Grade von der gegenwärtigen Lage derselben verschieden war. Allein diese Laplace'sche Hypothese würde die erwähnte Erfindungszeit volle 13,000 Jahre vor Chr. Geb. setzen, weit hinaus gehen, also über alles, was wir von unserer Menschengeschichte wissen, die kaum 2000 Jahre vor jener Epoche anfängt. Freret, ein Gegner von Newton's in seiner Chronologie aufgestellten Ideen über die Bedeutung der himmlischen Bilder, meint in

seinem Werke „Défense de la Chronologie," daß die Aegyptier mit den Thiernamen, womit sie die Sternbilder, besonders die des Thierkreises, belegt, nach ihrer althergebrachten Weise bloß die vorzüglichsten Gottheiten ihres Landes hätten darstellen wollen, wie z. B. Osiris, Horus, Isis, Anubis. Diese Ansicht hat Sam. Schmidt in einem eigenen Werke umständlich zu bestätigen gesucht. Betrachtet man die Sache parteilos, so kann man leicht einsehen, daß sich ebenso viel dagegen als dafür sprechen läßt und daß man eine sichere Entscheidung hierüber schwerlich erlangen wird. Immerhin haben die Umrisse der meisten Sternbilder nur sehr geringe Aehnlichkeit mit den Gegenständen, die sie, ihren Namen gemäß, vorstellen sollen. Wirklich gehört eine sehr lebhafte Phantasie dazu, im Pegasus, Adler, Bootes, Becher, Altar, in der Leier rc. diese Aehnlichkeit zu entdecken. Und wie sind erst die äthiopischen Könige und Prinzessinnen, z. B. Cepheus und Cassiopeja, zu der Ehre gekommen, die schönsten Stellen des Sternenhimmels einzunehmen? Man kennt die meisten derselben in der Geschichte nicht; man weiß nur eben durch jene Apotheose, daß dieselben einmal auch auf der Erde eine Stelle besessen haben.

Man hat es also den Nachfolgern der ersten Erfinder solcher Sternbilder-Namen nicht übel nehmen können, daß sie dergleichen Absurditäten durch geeignetere Bilder zu verdrängen sich bemüht haben. Allein leider verfielen sie wieder in einen andern Fehler, der von dem geringen Geschmacke dieser Herren zeugte. So versuchte z. B. Weigel in Jena durch adlige Wappen, Schiller in Augsburg durch die Heiligen der katholischen Kirche die Heroen des Alterthums zu verdrängen. In den neuern Zeiten aber haben sich die Astronomen solche unnütze Veränderungen, die nur noch mehr Verwirrung und Verwechselung erzeugt haben würden, nicht mehr erlaubt, sondern die alten Sternbilder in dem verjährten Besitze ihrer nun längst gewohnt gewordenen Benennungen gelassen. Nur als man die Sterne der südlichen Himmelssphäre näher zu betrachten und sorgfältiger zu beobachten anfing und es folglich nöthig wurde, diese vielen den Alten ganz unbekannt gebliebenen Sterne in neue Sternbilder zu gruppiren, gab man diesen neuen Sternbildern, der Sitte der Alten gemäß, wieder Benennungen von Thieren, zum Theil aber auch von neuen nützlichen Erfindungen. So entstanden z. B. die Giraffe, die Eidere, der Phönix, die Luftpumpe, die Buchdrucker-Werkstatt rc.

Eines der berühmtesten, den gestirnten Himmel betreffenden Denkmäler der Vorzeit ist unstreitig der Thierkreis von Denderah. In dem am Nil gelegenen Dorfe dieses Namens in Aegypten steht hinter einem großen, T förmig gebauten Tempel ein vermuthlich der Isis und dem Horus geweihter Tempel. An der Decke des Porticus des größern Gebäudes fand man astronomische Charaktere, auch die 12 Zeichen des Thierkreises, und in einem Nebengemach noch einen Thierkreis, welche beide die Sprach- und Alterthumsforscher, sowie mehrere Astronomen ungemein beschäftigt haben, da man in diesen Thierkreisen besonders zuverlässige Aufschlüsse über Zeitrechnung überhaupt zu finden meinte. Man sah nämlich auf dem zweiten jener beiden Thierkreise die Sonnenwende im Krebse verzeichnet, die nach der Ansicht mancher Sternkundigen die Sommer-Sonnenwende sein soll, so daß dann der Frühlings-Nachtgleichenpunkt zwischen den Stier und Widder, folglich 45 Grade weiter vorwärts als jetzt fiele. Dieser Thierkreis müßte daher, weil die Sonne bei gleichförmiger Bewegung 2150 Jahre Zeit in Bezug auf einen und denselben Monat braucht, um aus einem Zeichen in das

andere einzurücken, 3230 Jahre alt sein. Wäre jedoch die im Krebse verzeichnete Sonnenwende die Winter-Sonnenwende, so fiele der Frühlings-Nachtgleichenpunkt in die Waage, also 7 Zeichen weiter zurück als heut zu Tage, wo dieser Punkt in den Fischen sich befindet. Dann aber würde gedachter Thierkreis 7 mal 2150, d. h. 15050 Jahre alt sein. Beide Schlüsse aber lassen durch manche wichtige Gründe sich bekämpfen. So hat namentlich Letronne gezeigt, daß der Zodiacus von Denderah wohl nur den Zweck gehabt habe, den Stand der Gestirne bei der Geburt von Verstorbenen anzugeben, daß mithin der Thierkreis selbst nur eine astrologische Angabe sei, welche in die Zeiten der römischen Kaiser falle. Seyffarth, der sich mit diesem Gegenstande sehr vielfältig beschäftigt hat, verbreitet sich in seinen „chronologischen Untersuchungen" ausführlich hierüber; auf diese Seyffarth'schen Untersuchungen müssen wir daher unsere Leser, die sich mit diesem Gegenstande näher bekannt machen wollen, hier verweisen.

Schließlich möge noch erwähnt werden, daß die Alten, vorzüglich die Araber, die größten Sterne des Himmels ebenso, wie die „Sternbilder" genannten Gruppen von Sternen, mit eigenen Namen belegt haben, von welchen die meisten, obschon in der Schreibart oft sehr entstellt, noch bis auf uns gelangt sind. Solche Eigennamen von Fixsternen sind z. B. Spica oder Azimech, d. i. die Kornähre der Jungfrau; Aldebaran oder Palilicium, d. i. das Ochsenauge; Antares, das Skorpionsherz 2c. (Man sehe hierüber besonders „Ideler, Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen.") Doch bediente man sich auch oft der Bezeichnungsweise nach den einzelnen Theilen der Sternbilder, in welchen diese Fixsterne standen; z. B. der hellste Stern in der östlichen Schulter Orions, der Stern im östlichen Horn des Stiers 2c. J.

Athmen (lat. Respiratio, franz. und engl. Respiration) ist diejenige Verrichtung des thierischen Organismus, durch welche die atmosphärische Luft mit dem Blute in Berührung gebracht und so einerseits durch Absorption von Sauerstoffgas und andererseits durch die Bildung und Ausscheidung von Excretionsproducten das thierische Leben erhalten wird. Diejenigen Thiere, welche auf der Oberfläche der Erde leben, saugen die Luft unmittelbar aus der Atmosphäre ein, während die im Wasser lebenden Thiere die vom Wasser absorbirte Luft aufnehmen. Das Organ, durch welches das Athmen oder die Aufnahme und Ausscheidung gewisser Gase bewerkstelligt wird, ist in verschiedenen Thierclassen auch wesentlich verschieden eingerichtet; bei den höheren Thieren ist dieser Apparat auf einen kleineren Raum des Körpers concentrirt und zwar ist der Apparat wiederum verschieden, je nachdem das Thier im Wasser oder auf dem Lande lebt, indem in dem erstern Falle, also bei den Säugethieren, Vögeln und Amphibien (zum großen Theile) die atmosphärische Luft in den Lungen mit dem Blute in unmittelbare Berührung tritt, während namentlich bei den Fischen in dem tropfbar-flüssigen Medium des Wassers das von demselben aufgelöste Gas von dem durch die Kiemen strömenden Blute aufgenommen wird; ganz ähnlich geht die Respiration des Säugethierfötus vor sich, indem diese auch durch ein tropfbar-flüssiges Medium, nämlich durch das Blut der Mutter vermittelt wird. Die Insecten und Würmer athmen theils durch Kiemen, theils durch Luftröhren oder Tracheen, in welchem letzteren Falle der Athmungsproceß in dem ganzen Körper vertheilt ist, so daß, wie Cuvier bemerkt, die Luft gleichsam das Blut aufsucht, während in den Lungen und Kiemen umgekehrt das Blut die Luft aufsucht.

Athmen des Menschen und der Säugethiere überhaupt, der Vögel und Amphibien. Die Lungen bestehen aus baumartig verzweigten Gefäßen, die in blinden Endbläschen endigen, welche bei den Säugethieren einen Durchmesser von 0,045 bis 0,180 Millimeter besitzen. Die Athembewegungen oder den mechanischen Proceß des Athmens erklärt Joh. Müller*) folgendermaßen: Das Ein- und Ausathmen geschieht bei dem Menschen und den Säugethieren durch Erweiterung und Verengung der Brusthöhle. Sobald die Brustwände sich ausdehnen und die Brusthöhle erweitert wird, dringt die Luft in der Luftröhre in ihren Zweigen bis in die Zellen nach, die sich in dem Maße ausdehnen, als die Brusthöhle sich erweitert, so daß also die Oberfläche der Lungen durchaus den sich ausdehnenden Wänden der Brusthöhle folgt. Zur Erweiterung der Brusthöhle beim Einathmen dient ganz vorzüglich das Zwergfell. Im erschlafften Zustande ist das Zwergfell gewölbt, bei der Contraction desselben wird es flach, und indem seine Wölbung herabsteigt, erweitert es also die Brusthöhle, wodurch zugleich die Eingeweide der Bauchhöhle von oben gedrückt werden. Dieser Druck auf die Baucheingeweide von oben beim Einathmen verursacht das Hervortreiben derselben nach vorn oder das scheinbare Anschwellen des Bauches beim Einathmen. Sobald das Zwergfell erschlafft, weichen die Eingeweide wieder mehr zurück und der Bauch wird flacher. Beim leisen Einathmen bewirkt das Zwergfell zum großen Theil allein die Erweiterung der Brust. Die seitliche Erweiterung der Brust geschieht vorzüglich durch die Wirkung der musculi intercostales, aber auch durch Unterstützung der musculi scaleni, levatores costarum, des serratus posticus superior und der Brustmuskeln überhaupt. Das Einathmen kann beim ganz ruhigen Athmen schon durch bloßen Collapsus, durch die Elasticität oder Herstellung der vorher ausgedehnten Theile in den status quo erfolgen, und das ruhige Athmen scheint weniger aus der Abwechselung antagonistischer Muskelbewegungen, als vielmehr periodischer Inspirationsbewegungen zu bestehen. Hierbei wirken zwar die Exspirationsmuskeln durch jenes mäßige Contractionsspiel, welches allen Muskeln auch außer den stärkeren Zusammenziehungen eigen ist, mit. Wenigstens erfolgt das Ausathmen von selbst, sowie die Inspiration aufhört. Beim stärkern Ausathmen wirken diese Muskeln stärker, noch mehr und selbst krampfhaft, wenn Reizung in den Lungen oder im Kehlkopf stattfindet und Husten eintritt. Die Exspirationsmuskeln sind die Bauchmuskeln, welche die Rippen niederziehen, durch Zusammendrückung des Bauches die Baucheingeweide gegen das erschlaffte Zwergfell in die Höhe treiben und so die Brusthöhle auch von unten verengern. Dies sind der gerade, die schiefen, der quere Bauchmuskel, der musculus quadratus lumborum, m. serratus posticus inferior, m. sacrolumbaris und longissimus dorsi. — Beim Einathmen ist die Stimmritze weiter, beim Ausathmen enger. Die Luftröhrenzweige werden beim Einathmen weiter, beim Ausathmen enger. Die Luft wird entweder durch Mund oder Nase aufgenommen und ausgetrieben. Beim Athmen durch die bloße Nase ist der Ausgang durch den Mund durch Anlegen des hintern Theils der Zunge wider den Gaumen geschlossen, beim Athmen durch den Mund ist das Gaumensegel erhoben. Durch Annäherung der hinteren Gaumenbogen gegen einander, wodurch eine vollständige

*) Physiologie. Bd. I. S. 326.

Verschließung eintritt, und durch Anlegen des hintersten Theils der Zunge gegen den Gaumen kann sowohl der Mund als die Nase von den Respirationswegen abgeschlossen werden — eine Bewegung, die oft willkürlich geschieht, wenn man den Athem anhält und das Durchströmen übler Gerüche durch die Nase aufgehoben wird. — Bei den Vögeln dringt die Luft beim Einathmen nicht allein in die Lungen, sondern auch in die großen Zellen. Es giebt hier kein vollständiges Zwergfell mehr, sondern nur einige Muskelzipfel steigen vom hintern Winkel der dritten, vierten und fünften Rippe zu einer fibrösen Haut an der untern Fläche der Lungen empor. Die Erweiterung der Brust erweitert die großen Zellen, welche mit den Lungen in Verbindung stehen, wodurch die Luft genöthigt wird, sich in die Lungen zu stürzen. Die Luft wird aus den Zellen und den Lungen durch die Thätigkeit der Bauchmuskeln ausgetrieben. — Unter den Amphibien athmen die Chelonier, deren Rippen unbeweglich verbunden sind, und die nackten Amphibien, welche keine wahren Rippen haben (Coecilien, Derotremata, Proteiden, Salamandrina, Batrachia), bloß durch Verschluckung der Luft ein. Die Frösche schließen den Mund und erweitern die Mundhöhle an der Kehle, wodurch ein leerer Raum entsteht, den die Luft, durch die Nasenlöcher eindringend, einnimmt. Dann ziehen sie die Kehle zusammen, verschließen den Schlundkopf und treiben durch die Zusammenziehung der Kehle die Luft durch die Stimmritze in die Lungen, während sie durch einen eigenthümlichen Mechanismus die Nasenlöcher schließen. Die Luft wird theils durch die Bauchmuskeln, theils durch die Elasticität der Lungen bei geöffneter Stimmritze ausgetrieben. Sobald die Frösche den Mund nicht mehr schließen können, können sie auch nicht mehr athmen. Das Ausathmen geschieht bei den Schildkröten durch Zusammenziehung der Bauchmuskeln zwischen dem Bauchschild und den hintern Extremitäten. Die mit beweglichen Rippen versehenen Amphibien athmen durch Erweiterung und Verengerung der Körperhöhle vermöge der Rippen.

Ueber den Einfluß der Nerven auf das Athmen heißt es ferner (a. a. O. S. 330): Die Athembewegungen sind sehr zusammengesetzt und dem Wirkungskreise sehr verschiedener Nerven unterworfen. Gleichwohl ist die Quelle der gemeinschaftlichen Thätigkeit dieser Nerven eine und dieselbe. Die Athembewegungen bestehen 1) aus Bewegungen im Gesichte, die sich aber nur selten rhythmisch äußern, wie die Erhebung und Senkung der Nasenflügel, die Anstrengung mehrerer Gesichtsmuskeln beim Athmen. Diese Bewegungen erfolgen bei unwillkürlichen heftigen Athembewegungen und bei großer Schwäche selbst mit, sie sind von dem Nervus facialis abhängig, den Ch. Bell den Athemnerv des Gesichtes nennt. 2) Erweitern der Stimmritze beim Einathmen, Verengern derselben beim Ausathmen. Diese Bewegung ist ganz von dem Nervus vagus, und zwar von seinen beiden Kehlkopfästen, Nervus laryngeus superior et inferior seu recurrens, abhängig. 3) Erweiterung der Brust beim Einathmen. Nervi spirales; Nervus respiratorius externus Bellii; Nervus accessorius Willisii, insofern er den m. cucullaris beim Heben der Schulter beherrscht. 4) Zusammenziehung des Zwergfells beim Einathmen. N. phrenicus. 5) Endlich Zusammenziehung der Bauchmuskeln beim Ausathmen. Nervi spirales. — Wir sehen, daß zu dem System der Athemnerven der Nervus facialis, vagus, accessorius, und viele Spiralnerven, die sich in den Rumpfmuskeln verbreiten, gehören. Jeder dieser Nerven hat seinen verschiedenen Wirkungskreis und es kann der eine ohne den andern vernichtet werden.

Die Durchschneidung jedes dieser Nerven hebt seinen Antheil an diesen Bewegungen auf. Aber die Vernichtung der medulla oblongata hebt alle Athembewegungen zu gleicher Zeit auf, auch die Wirkung derjenigen Nerven, welche von dem Rückenmark entspringen. Legallois hat dieses Verhältniß gezeigt; er hat bewiesen, daß keine anderen Theile des Gehirns die Quelle der Athembewegungen sind, und daß man bei einem Thier das Gehirn von vorn nach hinten allmälig abtragen kann, bis bei Verletzung der medulla oblongata, an einer dem Abgang des Nervus vagus entsprechenden Stelle, alle Athembewegungen zu gleicher Zeit aufhören. Deswegen ist auch die medulla oblongata gleichsam der vulnerabelste Theil, wenigstens derjenige, dessen Verletzung unter allen Verletzungen der Nerven und der Centraltheile des Nervensystems die gefährlichsten Folgen hat*).

Die Zahl der Athembewegungen für den normalen Zustand in einer bestimmten Zeit, z. B. in einer Minute, wird von verschiedenen Autoren auch sehr verschieden angegeben. Vierordt**) glaubt aus einer großen Anzahl von Beobachtungen, bei Vermeidung aller störenden Einflüsse, in dem Zustande der vollkommensten körperlichen Ruhe, beim Sitzen, die mittlere Zahl der Athemzüge in einer Minute auf $11^9/_{10}$, das Maximum auf 15 und das Minimum derselben auf 9 feststellen zu können. Lännec dagegen zählte 12 bis 15, Magendie 15, Allen und Pepys 19, Thomson 19 bis 20 und Davy sogar 26 Athemzüge in einer Minute bei dem in dem angeführten Zustande sich befindenden Menschen. Quetelet***) hat an 300 Personen verschiedenen Alters Beobachtungen angestellt, welche ihm die folgenden Resultate gewährten:

Alter	Athemzüge in 1 Minute		
	Maximum	Minimum	Mittel
Neugeborne. . . .	70	23	44
5 Jahre . .	32	—	26
15—20 „ . .	24	16	20
20—25 „ . .	24	14	18,7
25—30 „ . .	21	15	16
30—50 „ . .	23	11	18,1

Das Maximum von Athemzügen, die überhaupt in einer Minute möglich sind, scheint 120 bis 130 zu sein; in einigen Krankheiten beträgt die Anzahl bei Erwachsenen über 60. Der Igel pflegt sieben Athemzüge in einer Minute zu machen, das Pferd und Rind acht, das Schaf und die Ziege 10, die Katze und der Hund

*) Obgleich also das verlängerte Mark der nächste Ausgangspunkt der Athembewegungen ist, so können diese doch auch durch Reflex von Reizungen anderer Nerven, namentlich Hautnerven erregt werden, z. B. durch Reizung der Nasenschleimhaut entsteht Niesen, d. i. (abgesehen von andern gleichzeitigen Vorgängen) eine tiefe Inspiration, auf welche eine kurze heftige Exspiration folgt; wenn Brust und Bauch plötzlich kalt berührt werden, z. B. durch Wasser (beim Eintreten in ein kaltes Bad), so entsteht jedesmal eine tiefe Inspiration. Diese Erscheinung hält man für den Impuls zu Entstehung der Athmungsbewegung bei Neugebornen. M.

**) Wagner's Handb. d. Physiologie. Bd. II. S. 834.

***) Ueber den Menschen und die Entwicklung seiner Fähigkeiten, übers. von Riecke. Stuttg. 1838.

bis 24, die Vögel 20 bis 30; die Fische machen in derselben Zeit 25 bis 30, selbst 40 Bewegungen mit den Kiemendeckeln, und die Bewegungen der Kehle bei den Fröschen betragen 40 bis 100, während die Nasenlöcher sich viel seltener bewegen. — So wie die Angaben über die Zahl der in einer Minute, bei dem normalen Zustande, stattfindenden Athemzüge sehr von einander abweichen, so ist ein Gleiches der Fall mit den Daten, welche verschiedene Autoren einerseits über das Volumen der jedesmal ein- und ausgeathmeten Luft, wie andrerseits über die Capacität der menschlichen Lunge überhaupt anführen. So beträgt das gewöhnlich von einem Menschen ausgeathmete Luftquantum nach Abilgaard 53 bis 107 Cubikcentimeter, nach Keutsch 107 bis 214, Davy rechnet 200 bis 260, Lavoisier und Seguin 233, Allen und Pepys 262 bis 278, Herbst 317 bis 356 (für jüngere Personen), 396 bis 495 (für Erwachsene), Enschut 418, Fontana 573, Bostock, Valentin 656, Manzies 715, Sennebier 792; und Vierordt*) fand im Mittel für den Zustand der vollkommensten Ruhe ein Exspirationsvolumen von 507 C.-C. und als Mittel der fünf höchsten Werthe 699, sowie als Mittel der fünf niedrigsten 177 C.-C. Nach dem Letzteren ist es ferner nicht unwahrscheinlich, daß das mittelst einer Ausathmung exspirirte Luftvolumen zu der in den Lungen überhaupt befindlichen Luftmenge im gesunden, ruhigen Zustande bei erwachsenen Personen in einem ziemlich constanten Verhältnisse steht, welches sich nach den Beobachtungen, die Vierordt an sich selbst anstellte, durch die Proportion 1 : 4,75 ausdrücken läßt. Nach H. Davy's**) Versuchen werden von einem Menschen gewöhnlich 26 bis 27 Mal in einer Minute 10—13 Cub.-Zoll Luft ein- und ausgeathmet, welches in 24 Stunden 400000 bis 500000 C.-Z. oder 65,6 bis 82 Cubikmeter betragen würde. Nach demselben soll die menschliche Lunge nach gewöhnlichem Einathmen 118, nach gewöhnlichem Ausathmen 108, nach möglichst starkem Einathmen 240 und nach möglichst starkem Ausathmen 35 C.-Z. Luft enthalten. Allen und Pepys***) fanden, daß die Lunge bei gewöhnlichem Einathmen 16,5 und in 24 Stunden 460800 bis 475200 C.-Z. Luft aufnehme; Thomson rechnet 40 C.-Z. Luft auf einmaliges Einathmen und bei 20 Athemzügen in einer Minute, in 24 Stunden ein- und ausgeathmete Luft 1152000 C.-Z. oder 52,5 Pfund. Diese Angaben scheinen jedoch viel zu groß zu sein, und die Angabe von Dumas, daß in 24 Stunden etwa 8 Cubikmeter Luft exspirirt werden, mehr Zutrauen zu verdienen; damit stimmen auch die Beobachtungen von Vierordt überein, der das in 24 Stunden ausgeathmete Luftvolumen auf 8688960 Cubikcentimeter schätzt, jedoch in Betracht, daß die Respiration in Folge körperlicher Bewegung während eines bedeutenden Theils des Tages energischer von Statten gehen muß, die in Frage stehende Luftquantität auf 11—12 Cubikmeter anschlagen zu können glaubt. Vierordt ist ferner der Ansicht, daß die Versuche Scharling's†) wesentlich die so eben mitgetheilte Angabe bestätigen; Scharling fand nämlich, daß ein erwachsener sehr kräftiger Mann in 24 Stunden 239 Gramme Kohlenstoff = 867 Gr. Kohlensäure ausathmete, welche bei 0° und 336''' Barometerstand ein Volumen von 443409 Cubikcentimeter ausmachen. Wenn nun, wie Vierordt's

*) A. a. O. S. 835.
**) Research. chem. and phil., übers. 1812.
***) Biblioth. britann. Nov. et Dec. 1809. Schweigg. Journ. Bd. I. S. 182 ff.
†) Ann. f. Chem. u. Pharm. Bd. XLV. S. 214—242.

Beobachtungen ergeben haben, 100 Raumtheile Exspirationsluft im Mittel 4,334 Kohlensäuregas (s. unten) enthalten, so würde das Gesammtvolumen der Luft, welche der von Scharling beobachtete Mann im nicht angestrengten Zustande exspirirte, 10230941 Cubikcentimeter betragen, also reichlich 10 Cubikmeter.

Bei der Berührung der atmosphärischen Luft mit dem Blute und mit den in demselben enthaltenen Gasen bemerkt man eine chemische Veränderung sowohl der eingeathmeten Luft, wie auch des Blutes selbst. In der ersteren sieht man einen großen Theil ihres Sauerstoffgehaltes verschwinden und an die Stelle desselben Kohlensäuregas treten, dessen Menge den früheren Ansichten und Beobachtungen zufolge genau dem Volumen des verschwundenen Sauerstoffgases entsprechen sollte, in neuerer Zeit jedoch als stets etwas geringer als die des letztern erkannt wurde, so daß also eine gewisse kleine Quantität des Sauerstoffgases noch auf andere Weise als zur Bildung von Kohlensäuregas verwendet werden muß, wenn man nicht dieses Verschwinden auf Rechnung der durch die Haut sich aussondernden Kohlensäure schreiben will. Die Volumenverminderung in der einmal geathmeten Luft beträgt nach Pfaff $^1/_{36}$, nach Goodwyn $^1/_{60}$ bis $^1/_{50}$, nach Davy $^1/_{100}$, $^1/_{70}$, $^1/_{42}$, nach Cuvier $^1/_{50}$, nach Bostock $^1/_{80}$, nach Despretz die geringste Volumenabnahme $^1/_{1986}$, die größte $^1/_{42}$, nach Berthollet's an Thieren im abgeschlossenen Raume angestellten Versuchen im Mittel $^1/_{41}$, im Maximum $^1/_{29}$, im Minimum $^1/_{145}$. Die Ursache dieser Volumenverminderung, welche bei wiederholter Einathmung der schon einmal geathmeten Luft immer bedeutender wird, wollte man anfangs in einer Absorption von Stickstoff suchen; neuere Beobachtungen und Analysen haben jedoch die Ursache in der schon angedeuteten Thatsache des Verschwindens von Sauerstoff gefunden, welches je nach dem höheren oder geringeren Grade auch eine größere oder kleinere Volumenverminderung in der eingeathmeten Luft bewirken muß. Diese Volumenabnahme wird allerdings durch eine stets gleichzeitig stattfindende Exhalation von Stickstoffgas aus dem Blute zum Theil oder gänzlich wieder aufgehoben, wie denn in der That jene Volumenverminderung in einigen Versuchen beinahe gleich Null wird und in einem von Despretz ausgeführten Versuche sogar eine Zunahme der Luft um $^1/_{135}$ bemerkt wurde. — Die Temperatur der ausgeathmeten Luft beträgt gewöhnlich zwischen + 36°,2 und + 37°,5 C., und bei der Einathmung einer Luft von niedrigem oder höherem Wärmegrade schwankt dennoch die ausgeathmete Luft hinsichtlich ihrer Temperatur nur wenig um die angeführten Grade; so fand z. B. Valentin bei dem Einathmen einer Luft von 41°,87 die Temperatur der ausgeathmeten 38°,12 und bei dem Einathmen einer Luft von + 10°,62 die Temperatur der ausgeathmeten gleich 35°,93.

Bei der Untersuchung der durch das Athmen veränderten Luft hat man namentlich die folgenden Punkte zu berücksichtigen: 1) die Menge der gebildeten Kohlensäure; 2) die Menge des verschwundenen Sauerstoffgases; 3) die Menge des ausgeathmeten Wasserstoffgases; 4) die Veränderungen, welche das Verhältniß des Stickstoffgases nach dem Versuche erlitten hat, und endlich 5) die Gegenwart flüchtiger organischer Stoffe und, wie es scheint, des Ammoniaks.

Allen und Pepys bestimmten die Menge der in der einmal geathmeten Luft enthaltenen Kohlensäure auf 8 bis 8,5 Volumenprocente, während sie damit im Zusammenhang den Sauerstoffgehalt derselben bis auf 12,5 bis 13 Proc. sich vermindern lassen, Angaben, die nach den neueren sorgfältigen

und vielfachen Beobachtungen, namentlich von Brunner und Valentin*) und Vierordt**), wesentlich von der Wirklichkeit abzuweichen scheinen, indem die letzteren Physiologen in 100 Volumentheilen ausgeathmeter Luft an Kohlensäure fanden:

	im Mittel	Maximum	Minimum	Differenz zwischen Max. u. Min.
Brunner und Valentin	4,380	5,495	3,299	2,196
Vierordt	4,334	6,220	3,358	2,862

Ebenso wie die früheren Beobachtungen über den Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft bedürfen die älteren Mittheilungen über den Sauerstoff- und Stickstoffgehalt derselben einer wesentlichen Berichtigung. Der Sauerstoffgehalt beträgt nach Valentin und Brunner im Mittel 16,033, im Maximum 17,246, im Minimum 14,968 Volumentheile, so daß also im Mittel 4,782 Proc. zu verschwinden scheinen; der Stickstoffgehalt ist nach denselben Beobachtern im Mittel 79,587, welches also eine Vermehrung desselben im Mittel um 0,402 ausweisen würde. Die von Despretz***) mitgetheilten Untersuchungen führten nach einer von Vierordt †) gegebenen Uebersicht zu den in folgender Tabelle zusammengestellten Resultaten, wobei zu bemerken ist, daß das Zeichen — auf eine Abnahme, + auf eine Zunahme des Volumens hindeutet:

Thiergattung	Verhältniß der verschwundenen zur eingeathmeten Luft	Verhältniß des erspirirten kohlensauren Gases zum absorbirten Sauerstoffgase	Verhältniß des absorbirten und nicht zur Kohlensäurebildung verwandten Sauerstoffs zum Gesammtvolumen des absorb. Sauerstoffs	Verhältniß des ausgeschiedenen Stickgases zur gesammten eingeathmeten Luft
Erwachsenes Kaninchen	— 1 : 317	1 : 1,32	1 : 4,1	1 : 57
Sechs Kaninchen von 1/2 Monat	— 1 : 63	1 : 1,41	1 : 3,4	1 : 115
Drei erwachsene Meerschweinchen	+ 1 : 135	1 : 1,28	1 : 4,7	1 : 45
Fünfjährige Hündin . .	— 1 : 108	1 : 1,43	1 : 3,1	1 : 35
Siebenmonatl. Hündin	— 1 : 76	1 : 1,51	1 : 3,0	1 : 63
Zwei Hündinnen von 1 Monat	— 1 : 42	1 : 1,55	1 : 2,4	1 : 43
Kater von 2 Jahren .	— 1 : 138	1 : 1,42	1 : 3,4	1 : 91
Drei männliche erwachsene Tauben	— 1 : 1986	1 : 1,30	1 : 4,3	1 : 67
Virginische Ohreule (erwachsen)	— 1 : 159	1 : 1,64	1 : 2,5	1 : 66

*) Wunderlich's und Roser's Archiv f. phys. Heilkunde. 2.
**) Ebend. 3. u. Wagner's Physiol. Handwörterb. Bd. II. S. 853.
***) Ann. de Ch. et de Ph. T. XXVI. p. 337—364.
†) A. a. O. S. 856.

Aus den Versuchen Marchand's*) über die Respiration der Frösche geht ebenfalls die schon von Andern nachgewiesene Thatsache, daß eine viel größere Menge Sauerstoff aufgenommen wird, als nöthig ist, um Kohlensäure zu bilden, bis zur Evidenz hervor. Die Kohlensäure erfordert nämlich auf 100 Th. Kohle 266,7 Sauerstoff und aus den von Marchand angeführten Versuchen über die normale Respiration der wohlgenährten Thiere ergab sich, daß die Menge des verschwundenen Sauerstoffs zwischen 315 und 346 schwankte, und daß das Verhältniß desselben namentlich von der Zeit abhängig sei, seit welcher die Thiere Nahrung zu sich genommen haben.

Die Untersuchungen über die Veränderungen, welche der Stickstoffgehalt der Luft durch das Athmen erleidet, sind mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden, weil diese Veränderungen, wie schon angeführt, jedenfalls innerhalb enger Grenzen sich bewegen. Daher sind die älteren Angaben hierüber auch sehr abweichend und meistens unzuverlässig, indem Davy und Pfaff sogar eine Verminderung des Stickstoffgehalts, Lavoisier, Seguin, Allen und Pepys aber weder Vermehrung noch Verminderung desselben gefunden haben. Edwards ferner war der Meinung, daß in der Lunge gleichzeitig Stickgas absorbirt und ausgehaucht werde, und daß die Menge des absorbirten und ausgehauchten je nach den Umständen verschieden sei. Bringt man daher Thiere, wie Allen und Pepys mit Meerschweinchen thaten, in ein Gasgemenge, welches gar kein Stickgas enthält, so athmen sie solches nur aus, und jene Meerschweinchen athmeten mehr Stickgas aus, als der Umfang ihres Körpers betrug, und verschluckten etwas Wasserstoffgas. In neuerer Zeit hat Boussingault für die Lösung dieser Frage einen andern Weg eingeschlagen, indem er nämlich die Menge des durch die Nahrung aufgenommenen Stickstoffs mit der durch die Secretionsproducte ausgeschiedenen einer sorgfältigen quantitativen Prüfung unterwarf. Er fand die Bestätigung der von Dulong und Despretz zuerst ausgesprochenen Behauptung einer Aushauchung von Stickstoff bestätigt durch die Resultate der Elementaranalyse der genossenen Nahrung und der Secretionsproducte eines Pferdes und einer Kuh und nahm später die Untersuchung wieder auf, indem er mit einer Turteltaube experimentirte, die durch ihr geringes Volumen und durch die Natur ihrer Ausleerungen einen größeren Grad von Genauigkeit hoffen ließ**). Die Taube wurde mit Hirsekörnern gefüttert und es ergab sich aus dem Mittel der Versuche, daß dieselbe, welche ein während der Dauer des Versuches sich ungefähr gleichbleibendes Gewicht von 187 Grammen hatte, durch die Respiration in 24 Stunden 5,10 Grm. Kohle verbrannte; sie hauchte also in diesem Zeitraume 18,70 Grm. Kohlensäure und ferner 0,16 Grm. Stickstoff aus oder dem Maße nach 9,441 Liter Kohlensäure und 0,126 Liter Stickstoff; es folgt hieraus, daß der Stickstoff, welcher durch Exhalation aus dem Organismus ausgeschieden wird, dem Volumen nach ungefähr $^1/_{100}$ der Kohlensäure ist, die gebildet wird, ein Resultat, welches in Hinsicht der Stickstoffaushauchung überhaupt analog dem von Dulong und Despretz erhaltenen ist; jedoch weicht es in Beziehung auf die relative Quantität des ausgehauchten Stickstoffes gegen die Kohlensäure wesentlich von der Angabe dieser Physiker ab, die eine viel größere Menge fanden. So gering nun auch diese Stickstoff-

*) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXIII. S. 129 ff.
**) Compt. rend. T. XIX. p. 73. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXIII. S. 173 ff.

menge ist, so macht sie doch den dritten Theil von derjenigen aus, welche in dem genossenen Futter enthalten war, so daß dieser Vogel unter den Umständen, in welchen er sich befand, durch seine Ausleerungen nur zwei Drittel des Stickstoffes ausschied, welcher in dem genossenen Hirse enthalten war. Marchand ist, seinen Untersuchungen zufolge, der Ansicht, daß der Stickstoff nicht im freiem Zustande, sondern als Ammoniak ausgehaucht werde.

Lavoisier und in neuerer Zeit Valentin stellten die Behauptung auf, daß die ausgehauchte Luft mit Wassergas gesättigt sei, was jedoch nach den Beobachtungen Anderer nicht der Fall zu sein scheint. Die Quantität dieses Wassers wird verschieden angegeben; so fand Lavoisier, daß die Athmungsluft in 24 Stunden an Wasser 727 Gramme enthalte, Abernethy 275, Prout 596, Thomson 559, Dalton 588, Hales 633 und Valentin im Mittel 500 Gramme.

Man hat ferner zur Vergleichung die Menge der von verschiedenen Thierclassen ausgeschiedenen Kohlensäure auf eine gleiche Gewichtsmenge der Thiere reducirt, welches für die vier Classen der Wirbelthiere folgende Verhältnisse ergeben würde:

100 Gramme Körpergewicht liefern in 24 Stunden an Kohlenstoff:

Schleie (Humboldt und Provençal)	: 0,024 Grm.	=	1
Frosch (Marchand)	: 0,087 „	=	4
Mensch (Scharling)	: 0,292 „	=	12
Taube (Boussingault)	: 2,742 „	=	114

Die Versuche, welche über das Athmen in andern Gasarten als in der atmosphärischen Luft angestellt worden sind, haben im Allgemeinen ergeben, daß nur eben eine Mischung von Stickgas und Sauerstoff, wie sie die atmosphärische Luft darbietet, im Stande ist, den Athmungsproceß zu unterhalten; und zwar sind die reinen Gasarten entweder negativ untauglich zum Einathmen wegen ihres Mangels an Sauerstoff, der für die Erhaltung des thierischen Organismus unentbehrlich ist, oder positiv untauglich, weil sie als Gifte und zersetzend auf die Schleimhäute und das Blut einwirken. Die älteren Angaben über das Verhalten der verschiedenen Gase in dieser Hinsicht erfordern theilweise eine Berichtigung, indem nicht immer mit chemisch reinen Gasen experimentirt worden ist, woraus sich manche Abweichungen in den gefundenen Resultaten erklären lassen. Von allen einfachen und unvermischten Gasen scheinen nur das reine Sauerstoffgas und das Stickstoffoxydulgas eine kurze Zeit hindurch ohne schädliche Folgen eingeathmet werden zu können. Bei dem ersteren fand Davy, daß es drei bis fünf und sogar zehn Minuten eingeathmet werden kann, wobei der Puls schneller und stärker wird und eine größere Wärmeentwicklung in der Brust verspürt wird; gegen Ende des Versuches treten Beklemmungen ein, die Augen werden roth und die Haut geräth in Schweiß, während die Muskelkraft und die geistigen Functionen erhöht werden. Das Blut wird in den Venen scharlachroth und leicht gerinnbar, die Lungen zeigen sich entzündet und hochroth gefärbt. In den Versuchen von Allen und Pepys athmete unter Andern Einer von ihnen in 8¾ Minuten 54686 Cub. Cent. Sauerstoffgas und 1402 Cub. Cent. Stickgas ein und füllte mit dem geathmeten Gas, welches sich um 1936 C. C. vermindert hatte, 13 Gasometer; das erspirirte in diesen enthaltene Gas enthielt nun:

Nr.	Inhalt	Kohlenst.	Stickgas	Sauerst.
des Gasometers in C.C.		in 100 Vol. Gas		
1	4100	9	25	66
2 u. 3	9216	10,5	10	79,5
4—12	39065	12,3	5,7	82,0
13	1771	12,5	5,5	82,0

Marchand*) fand, als er Frösche in reinem Sauerstoffgas respiriren ließ, daß in 24 Stunden 100 Gramme Frosch 0,2237 Sauerstoff absorbiren und 0,05608 Kohlenstoff verbrennen und als Kohlensäure exhaliren, während 100 Grm. derselben Thiere einige Tage vorher in atmosphärischer Luft in 24 Stunden 0,1741 Sauerstoff absorbirt und 0,0522 Kohlenstoff verbrannt hatten; aus welchen Versuchen also hervorgeht, daß die Quantität der bei Anwendung von reinem Sauerstoffgas ausgeathmeten Kohlensäure sich fast gar nicht geändert, dagegen die absorbirte Sauerstoffmenge sich wesentlich vermehrt hat. Es muß also nothwendig durch die Einwirkung des Sauerstoffs eine bedeutendere Wasserstoffoxydation stattgefunden haben; in der That ist die doppelte Quantität Wasserstoff oxydirt worden, als bei Anwendung der atmosphärischen Luft. Bei der Sauerstoffrespiration muß nothwendig Stickgas ausgehaucht werden, wie dies schon von früheren Chemikern, namentlich von Allen und Pepys beobachtet wurde, da diese Gasart, im Blute enthalten, durch die diffundirende Eigenschaft des eingeathmeten Sauerstoffes hat ausgetrieben werden müssen.

Auch das Stickstoffoxydulgas kann, wie schon H. Davy bemerkte, eine Zeit lang ohne Nachtheil geathmet werden; es verursacht anfangs, ebenso wie das Sauerstoffgas, eine vermehrte Wärme in der Brust, der Puls wird schneller und stärker; im Verlaufe des Versuches fühlt man sich unwillkürlich zum Lachen, Springen und Jauchzen angeregt und der Zustand wird dem eines Berauschten ganz ähnlich. Davy giebt an, daß dieser Zustand nach dem Einathmen von 9450 C. C. dieses Gases fast drei Stunden angehalten habe; selbst bei oftmaliger Wiederholung des Versuches schien derselbe keine üblen Folgen zu hinterlassen, jedoch war der Rausch zuweilen von Schwindel und unangenehmen Beklemmungen begleitet. Längere Zeit eingeathmet ist es nicht im Stande das Leben zu unterhalten. Die Thiere, nach Davy die Mollusken und Insecten ausgenommen, leben in diesem Gase länger als im Wasserstoffgase, Fische z. B. 1/4 bis 1/2 Stunde. Als Davy 4 1/2 Minuten lang eine und dieselbe Quantität dieses Gases, nach Entleerung der Lungen durch eine möglichst starke Exspiration, geathmet hatte, fand er, daß das Stickstoffoxydulgas in bedeutendem Maße absorbirt werde, indem bei einem Versuche von 100 Volumentheilen dieses Gases 71, in einem zweiten Versuche 52 Theile verschwunden waren, wofür eine gewisse Quantität von Stickgas und Kohlensäuregas in dem exhalirten Gemenge sich vorfand, während an Sauerstoffgas nichts oder doch nur eine höchst geringe Menge ausgehaucht worden war.

Versuche über das Athmen der Thiere in Wasserstoffgas sind seit Scheele von Davy, Spallanzani, Edwards, J. Müller u. A., in neuester Zeit von Marchand angestellt worden. Es verursacht schon nach weni-

*) A. a. O. S. 154.

gen Augenblicken Beklemmungen, Schwindel, sodann Schläfrigkeit, Abnahme der Athembewegungen und Pulsschläge und endlich einen ruhigen Tod. Die älteren Versuche sind gewöhnlich mit Wasserstoffgas ausgeführt worden, das nicht ganz frei von beigemengtem Sauerstoffgas war, weswegen die Zeit, während welcher ein Thier in einer solchen Atmosphäre aushalten kann, auch gewöhnlich viel zu lang angegeben worden ist; nach Marchand, der mit ganz reinem Wasserstoffgase operirte, lebt ein Frosch in diesem Gase nicht länger als $1/2$ bis 1 Stunde, während welcher Zeit (in 1 Stunde) 100 Gramme Frosch 0,0307 Kohlensäure = 0,0083 Gr. Kohlenstoff lieferten, während in atmosphärischer Luft die Menge des Kohlenstoffs nur 0,0036 betrug. In einem Gemenge aus gleichen Theilen Sauerstoff- und Wasserstoffgas athmen nach Lavoisier und Seguin*) Meerschweinchen ohne scheinbar unangenehme Beschwerden, wobei sie eine Absorption des Sauerstoffgases, nicht aber des Wasserstoffgases bemerkten. In einer Atmosphäre, die aus 21 Volumentheilen Sauerstoffgas und 79 Th. Wasserstoffgas zusammengesetzt ist, wird man nach einer Weile schläfrig, ohne ein sonstiges Zeichen von Uebelbefinden zu spüren. Allen und Pepys fanden, daß Meerschweinchen, die man in einer solchen Atmosphäre ließ, bald in einen tiefen Schlaf fielen, und sie beobachteten auch eine Absorption von Wasserstoffgas durch das Athmen unter gleichzeitiger Ausscheidung von Stickgas. Ist das Wasserstoffgas unrein, z. B. kohlen- oder schwefelhaltig, so sterben die Thiere augenblicklich und können nicht wieder ins Leben gebracht werden. Menschen können ohne Nachtheil eine Zeit lang Wasserstoffgas einathmen, besonders wenn es ein wenig atmosphärische Luft enthält.

Das Stickgas läßt sich etwa eine Viertelstunde lang einathmen, es erregt Kopfschmerz, Schwindel und macht zuletzt dem Leben des Thieres ein Ende, nicht wegen seiner giftigen Eigenschaften, sondern in Folge der Abweseheit von Sauerstoff; Säugethiere, welche in 2 bis 3 Minuten asphyktisch werden, erholen sich sogleich wieder, sobald sie in atmospärische Luft gebracht werden (Coutenceau). Legallois**) fand bei Versuchen mit Meerschweinchen in einem Gasgemenge, das aus etwa 90 Volumentheilen Stickgas und 10 Th. Sauerstoffgas bestand, eine Absorption von Stickgas, sowie eine zwar nicht absolut, aber nach Verhältniß der anwesenden Sauerstoffmenge relativ bedeutendere Absorption von Sauerstoffgas als beim Athmen in atmosphärischer Luft, während die Quantität der exhalirten Kohlensäure im Verhältniß zum absorbirten Sauerstoff steht.

Die Kohlensäure ist in reinem Zustande völlig irrespirabel, indem die Stimmritze, sowie diese mit dem Gase in Berührung kommt, sich krampfhaft verschließt (Davy); erst ein Gemenge von 30 Th. Kohlensäure und 70 Th. atmosphärischer Luft konnte Davy eine Minute lang einathmen, wobei er nur einen gelinden Schwindel verspürte und etwas schläfrig wurde; wenn $1/8$ Volumen Kohlensäure von 1 Vol. Wasser gelöst ist, können in diesem keine Fische mehr leben (Humboldt und Provencal ***). Aus den zahlreichen Versuchen, welche Legallois †) über das Athmen in Gemengen von Kohlensäure und atmosphärischer Luft anstellte, geht als Resultat hervor,

*) Schweigg. Journ. Bd. X. S. 560. Ann. de Chim. T. XCI. p. 318 u. ff.
**) Schweigg. Journ. Bd. XX. S. 113—133.
***) Ebendas. Bd. I. S. 86 u. ff.
†) Ebendas. Bd. XX. S. 126.

daß in einer mit vieler Kohlensäure gemischten Atmosphäre mehr Stickgas ausgeathmet wird. als dies in der atmosphärischen Luft der Fall ist, indem der Stickstoffgehalt der letztern unter gleichen Verhältnissen nur um 2,29 Proc. erhöht wird, während die Zunahme in einer sehr kohlensäurereichen Atmosphäre 5,54 Proc. und darüber betragen kann; es verschwindet in der letzteren sogar ein Theil der Kohlensäure durch das Athmen, so daß die Resultate desselben theilweise umgekehrt zu sein scheinen, im Vergleich zu denen, welche das Athmen in gewöhnlicher atmosphärischer Luft darbietet. Ist der Gehalt der Luft an Kohlensäure = 25 Volumenprocenten, so scheint weder eine Abscheidung noch eine Aufnahme der Kohlensäure zu erfolgen; ist derselbe jedoch höher, so zeigt sich im Allgemeinen eine Verminderung, ist derselbe niedriger, eine Vermehrung der anwesenden Kohlensäuremenge (Legallois)*).

Tödtlicher als die bisher angeführten Gase und geradezu giftig wirken Kohlenoxydgas**), Phosphor-, Schwefel- und Arsenikwasserstoffgas, indem sie schon, wenn sie auch nur in sehr geringer Menge der Luft beigemischt sind, üble Zufälle und den Tod herbeiführen. Nach Dupuytren und Thénard tödtet noch $^1/_{1500}$ des Volumens der atmosphärischen Luft an Schwefelwasserstoff einen Grünfinken, $^1/_{800}$ einen Hund und $^1/_{250}$ ein Pferd. — Die sauren und alkalischen Gasarten, wie kohlensaures, schwefeligsaures, salzsaures, Chlor-, Fluorbor-, Fluorkiesel- und Ammoniakgas erregen, wenn sie in großer Verdünnung mit andern athembaren Gasgemengen in die Lunge kommen, Erstickungszufälle; für sich eingeathmet verursachen sie sogleich krampfhafte Verschließung der Stimmritze, ehe sie noch in die Lunge kommen.

Schließlich mag hier noch der Versuche Marchand's Erwähnung geschehen, welche sich auf das Verhalten der Frösche im hermetisch verschlossenen und im luftleeren Raume erstreckten. Bei einer Verdünnung der Luft von 54 Millimeter fingen die Frösche an unruhig zu werden und bald darauf fielen sie in eine Lethargie; in einer bis auf 4 Millimeter verdünnten Luft schwollen sie stark auf und lebten noch über 50 Minuten; bei dem Hineinlassen von Luft fielen sie wieder ganz zusammen, und nachdem dieses Auspumpen und Einlassen der Luft sechsmal wiederholt worden war, zeigte sich, daß sechs Frösche, die zusammen 486,323 Gramme wogen, hierbei 0,605 Gr. Wasser und 0,242 Kohlensäure geliefert hatten, also kamen auf 100 Gr. Frosch 0,0498 Gramme oder 24,9 Cub.-Centim. von 20° C. Kohlensäure. In Hinsicht auf das Verhalten der Frösche im abgeschlossenen Raume hat Marchand ferner eine große Anzahl von Versuchen mitgetheilt, aus denen sich ergiebt, daß die Frösche im abgeschlossenen Raume mehr Kohlensäure bilden und mehr Sauerstoff absorbiren, als während derselben Zeit in der freien atmosphärischen Luft, welches eine Folge der durch die Enge des Raumes bedeutend gesteigerten Respiration ist; ferner wird im abgeschlossenen

---

*) Daß der Tod der in einem abgeschlossenen engen Raume athmenden Thiere nicht von der Kohlensäure, sondern von dem Mangel an Sauerstoff herrührt, zeigte zuerst Edwards, indem er die erzeugte Kohlensäure absorbirt werden ließ. Die Thiere starben ebenso schnell, als wenn die Kohlensäure gegenwärtig geblieben wäre. M.

**) Kohlenoxydgas ist die Ursache sehr vieler Todesfälle, da es sich aus glühenden Kohlen reichlich entwickelt. Legallois fand, daß ein Kilogramm glühende Kohlen einen Raum von 25 Cubikmeter zum Athmen untauglich macht. Es bewirkt dieses Gas sehr schnell allgemeine Muskelschwäche, Erstickungsbeschwerden, Kopfschmerz, Betäubung und Tod. M.

Raume bedeutend mehr Sauerstoff im Verhältniß zu der Menge der gebildeten und ausgeschiedenen Kohlensäure aufgenommen, als in der freien Luft. Wird der Versuch längere Zeit fortgesetzt, so nehmen die Frösche fast nur so viel Sauerstoff auf, als nothwendig ist, um Kohlensäure zu bilden, wenn die Thiere schon matt geworden sind, z. B. durch tiefe und hohe Temperatur und Mangel an Nahrungsmitteln. Läßt man die Thiere endlich in dem abgeschlossenen Raume sterben, so findet man ein außerordentlich großes Volumen von Kohlensäure darin, wobei nothwendiger Weise eine nicht unbedeutende Menge Stickstoff absorbirt werden muß. Es wurden fünf Thiere, die kurz zuvor gefangen waren und 402,162 Grm. wogen, in den Apparat gebracht; während der Nacht waren sie gestorben und hatten 1,086 Grm. Kohlensäure = 0,296 Grm. Kohle ausgehaucht. Diese Kohlensäure würde circa 570 Cub.-Centim. betragen; der Cylinder enthielt 920 C.-C. Luft, von denen etwa 184 C.-C. Sauerstoff waren. Es mußte daher eine Menge Kohlensäure aus dem Blute gegen Stickstoffgas ausgetauscht worden sein und dadurch war auch eine viel größere Gewichtsvermehrung eingetreten, als durch die Sauerstoffaufnahme allein möglich war; diese betrug 1,086 Grm., während das Gewicht des im Apparate enthaltenen Sauerstoffs nur ungefähr 0,244 Grm. ausmachte. Es ist daher höchst wahrscheinlich, wenn nicht gewiß, daß die Thiere bei der Respiration der oft geathmeten Luft Stickstoff absorbiren und dabei ein ungleich größeres Volumen Kohlensäure exspiriren, als bei der Respiration mit normaler Luft.

Ueber die Veränderungen, welche das Blut durch die Respiration erleidet, haben wir in dem Artikel **Blut** das Nähere mitgetheilt.

Den **Einfluß**, welchen **äußere Agentien**, wie **Temperatur**, **Tageszeit** *rc.* auf die **Erscheinungen der Respiration** ausüben, sowie die Einwirkung der **verschiedenen Zustände des Organismus**, des **Alters**, **Geschlechtes** *rc.* wollen wir ganz in der Kürze behandeln. Wie die meisten Respirationsversuche das Ergebniß der letzten Jahre sind, so gehören auch die Untersuchungen über diese Zustände fast ausschließlich der neuesten Zeit an und wir werden hier namentlich die von **Scharling**, **Andral** und **Gavarret**, **Marchand**, **Vierordt** und einigen Andern gemachten Mittheilungen berühren müssen.

Die **Temperatur** ist von großem Einfluß auf die Respiration, eine Thatsache, die namentlich für die anderen Thiere schon längst festgestellt war; schon **Treviranus** fand, daß eine Honigbiene bei 22° R. fast dreimal mehr Kohlensäure erzeugte, als bei $11^1/_2$°. **Marchand** (a. a. O. S. 152) schließt aus seinen Versuchen, „daß die Frösche am meisten bei einer ziemlich niedrigen Temperatur, 6 bis 14°, respiriren und daß hier eine Differenz von 6—7° wenig Einwirkung ausübt. Sinkt die Temperatur bis nahe zu dem Eispunkte, so wird die Respiration viel schwächer; sie nähert sich fast der reinen Kohlenstoffverbrennung, wie wir es unten bei den abgehungerten Thieren finden werden. Dasselbe findet bei einer ziemlich hohen Temperatur von 28—30° statt, wobei die Thiere schon ziemlich matt waren. Hier war zwar die Respiration selbst stärker als bei 0°, indessen dasselbe Verhältniß zwischen aufgenommenem Sauerstoff und ausgeschiedener Kohlensäure.“ **Vierordt** ferner prüfte an sich selbst den Einfluß der Temperatur auf die Respiration des Menschen und fand*), daß die zunehmende Luftwärme eine

---

*) **Wagner's** Handwörterbuch. Bd. II. S. 878 ff.

bedeutende Abnahme in der Zahl und Tiefe der Athembewegungen, sowie in dem Kohlensäuregehalte der ausgeathmeten Luft bewirke, wogegen die Pulsfrequenz sich fast gleich bleibt. Die mittleren Resultate zahlreicher Versuche findet man in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Mittel der niederen Temperaturen: 8°,47 C.	Mittel der höheren Temperaturen: 19°,40 C.	Differenzen der Werthe der respiratorischen Functionen
Pulsschläge in 1 Minute	72,93	71,29	1,64
Athemzüge in 1 Minute	12,16	11,57	0,59
Volumen einer Exspiration (in C. C.)	548,0	520,8	27,2
Exspirirte Luft in 1 Min. (in C. C.)	6672	6106	656
„ Kohlensäure in 1 Min. (in C. C.)	229,33	257,81	41,52
Kohlensäure in 100 Raumtheilen ausgeathmeter Luft	4,28	4	0,20
Barometer	334''',60	333''',82	

„Nehmen wir die Mittelwerthe für die verschiedenen respiratorischen Functionen (welche bei der Pulsfrequenz 72,11, bei der Exspirationsfrequenz 11,86, hinsichtlich des Volumens einer Exspiration 534,4 Cub.-Centim., der in einer Minute ausgeathmeten Luft 6344 und der in derselben Zeit exspirirten Kohlensäure 278,57 Cub.-Centim., hinsichtlich der relativen Kohlensäure 4,38 Proc. betragen) und setzen dieselbe = 100, so erhalten wir für eine Temperaturabnahme von 10°,93 C. folgende Zunahme in der Energie der einzelnen respiratorischen Functionen: Pulsfrequenz 1,1 Proc., Exspirationsfrequenz 4,9, Volumen einer Exspiration 5,2, in 1 Minute Luft 10,9, in 1 Minute exhalirte Kohlensäure 14,9, relative Kohlensäure 4,6 Proc."

Ueber den **Einfluß des Luftdruckes** auf die Respiration hat **Vierordt** (a. a. O. S. 880) gleichfalls Beobachtungen mitgetheilt, nach welchen ein Steigen des Barometers um 5''',67 die verschiedenen respiratorischen Functionen in folgender Weise verändert:

Es werden vermehrt die	Pulsschläge	in 1 Minute um	1,3
„ „ „ „	Athemzüge	„ „ „	0,74
„ „ „ „	ausgeathm. Luft	„ „ „	586 Cub.-Centim.

„Dagegen wird die relative Kohlensäure um den bedeutenden Werth von 0,309 Proc. des Volumens der ausgeathmeten Luft vermindert. — Die Vermehrung des Volumens einer Exspiration um 0,6 Cub.-Cent. und die Verminderung der in einer Minute exhalirten Kohlensäure um 1,35 Cub.-Cent. sind so unbedeutend, daß wir diese Veränderungen = 0 setzen müssen. — Die Ursache also der Erscheinung, daß der Kohlensäuregehalt der exspirirten Luft bei niederem Luftdrucke stärker ist, als bei höherem, liegt einzig und allein in der stärkeren Athmungsfrequenz bei höherem Barometerstande, in deren Folge eine größere Quantität Luft inspirirt wird, so daß das Verhältniß der exspirirten Kohlensäure zu der überhaupt ausgeathmeten Luft alsdann eine Abnahme erleiden muß."

Prout*) hat schon vor längerer Zeit auf den **Einfluß der verschiede-**

*) Schweigg. Journ. Bd. XV. S. 47.

nen Tageszeiten auf die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure aufmerksam gemacht; die Menge derselben ist nach ihm zwischen 11 und 1 Uhr Mittags am größten, zwischen 6 und 8 Uhr ihrem Minimum nahe, das sie aber erst um Mitternacht erreicht, und dann steigt sie wieder bis um Mittag. Marchand (a. a. O. S. 149) fand, gleichwie Prout, daß die Kohlensäure-Production bei Tage stärker sei, als bei Nacht; bei kräftigen, kurz zuvor gefangenen Fröschen verhält sich die Kohlensäuremenge = 100 : 76,3, bei schwachen Thieren = 100 : 54,3; die aufgenommenen Sauerstoffmengen verhielten sich im ersten Falle = 100 : 80,3, im zweiten = 100 : 47,2; diese Abnahme in der Kohlensäure-Aushauchung ist jedoch nach Vierordt einzig und allein dem Zustande der Ruhe während der Nacht zuzuschreiben. Andere Chemiker, wie Brande, Coathupe rc., haben ganz andere Resultate erhalten und Vierordt endlich (a. a. O. S. 882) hat, in Uebereinstimmung mit Scharling, nachgewiesen, daß die bedeutenden Variationen, welche man in der Intensität der Respiration in den verschiedenen Tageszeiten bemerkt, von der Lebensweise abhängig sind; zur Zeit der Hauptmahlzeit fand Vierordt nämlich das Maximum der Kohlensäureausscheidung, unterließ er es aber, die gewohnte Nahrung zu sich zu nehmen, so sank die ausgeathmete Kohlensäure auch tief herab. „Die Modificationen, welche die Respiration zu Folge der Veränderungen in der Temperatur, Pression rc. der Atmosphäre in den verschiedenen Tageszeiten erleidet, sind im Verhältniß zu den aus inneren Zuständen des Organismus resultirenden Einflüssen auf das Athmen so gering, daß sie kaum nachweisbar sein möchten.“ In der kalten Jahreszeit ist die Zunahme der Kohlensäureausscheidung während der Verdauung absolut und relativ stärker, als in der warmen. Die Verdauung bedingte zu anderen Tageszeiten, in welchen Vierordt allerdings weniger Nahrungsmittel zu sich nahm, eine ähnliche, jedoch etwas geringere Steigerung in der Energie der respiratorischen Functionen. Ebenso wie schon Prout fand auch Vierordt eine bedeutende Abnahme in der Kohlensäureausscheidung nach dem Genusse spirituöser Getränke; die Kohlensäure sank nämlich nach dem Genusse von einer halben bis einer Flasche Wein im Mittel aus vier Beobachtungen sehr schnell von 4,54 Proc. auf 4,01 Proc. und behielt eine bis zwei Stunden hindurch letzteren Werth bei. Dabei findet keineswegs ein schnelleres und tieferes Athmen statt, so daß nach dem Genusse der spirituösen Getränke auch die absolute Kohlensäuremenge bedeutend, d. h. um ein Achtel, abnimmt. Die Verdauung dauert länger, wenn wir Spirituosen zu uns nehmen, eine Thatsache, die selbst im Volk bekannt ist. Prout fand, daß die Wirkung der Spirituosen auf die Kohlensäureabscheidung bei leerem Magen auffallender und schneller, dagegen bei vollem Magen geringer, aber andauernder ist. Sehr ähnlich sind, demselben Forscher zufolge, die Wirkungen des starken Thees (a. a. O. S. 884). Die angeführte Beobachtung, daß die Respiration durch die Verdauung in hohem Grade verstärkt werde, war schon früher von mehreren Naturforschern, sowie von Spallanzani, Sorg und Zimmermann an Mollusken, Insecten und Säugethieren, von Scharling am Menschen, von Lassaigne und Yvart am Meerschweinchen gemacht worden, und zwar wurde von den Letzteren eine um $^1/_5$ stärkere Sauerstoffabsorption bemerkt, wenn mit stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln gefüttert worden war, als wenn man mit stickstofffreien fütterte. Dulong gelangte zu dem Resultate, daß Pflanzenfresser nur $^1/_{10}$ mehr Sauerstoff absorbiren als zur Bildung von Kohlensäure verwendet wird, während bei Fleisch-

fressern (wie Hunde, Katzen ꝛc.) die Quantität des absorbirten Sauerstoffs die der ausgeathmeten Kohlensäure wenigstens um $1/5$ und sogar bis zu $1/2$ übersteigt.

Marchand hat eine große Anzahl von Versuchen über den Einfluß des Hungerns der Frösche auf die Respiration derselben angestellt und gefunden, daß diese Thiere bei fortschreitendem Fasten immer weniger Sauerstoff aufnehmen und weniger Kohlenstoff aushauchen. Das Minimum der Kohlensäureausscheidung verhielt sich in dem einen Versuche wie 1 : 3,6, in einem andern, nicht so lange fortgesetzten, wie 1 : 1,5. Diese Thatsache tritt erst dann recht deutlich hervor, wenn die Thiere längere Zeit gefastet haben, nicht aber im Anfang des Versuches. Sehr bemerkenswerth ist, daß das Verhältniß des absorbirten Sauerstoffs zu dem ausgeathmeten Kohlenstoffe anfangs fortwährend steigt, bis dasselbe ungefähr 410 bis 430 : 100 geworden. Hierbei muß die größte Menge von Wasserstoff oxydirt worden sein; sodann sinkt das Verhältniß, bis es fast auf die bloße Oxydation des Kohlenstoffs kommt, indem auf 100 Theile Kohle 270 Th. Sauerstoff aufgenommen werden, während 267 die Bildung von Kohlensäure erfordert haben würde. Ist dieses niedrige Verhältniß erreicht, so bleibt es ziemlich constant.

Während des Schlafes exspirirt der Mensch nach Scharling etwa $1/4$ Kohlensäure weniger als im wachen ruhigen Zustande. Scharling fand nämlich, daß ein Mann während des Schlafes Nachts von 11 bis 12 Uhr 6,21 Grm. Kohlenstoff ausathmete, am anderen Tage zwischen 12 und 1 Uhr, nach eingenommener Mahlzeit, 9,19 Grm.; bei einem andern war das Verhältniß unter gleichen Umständen wie 8,56 : 11,11 Grm. — Bei starker Bewegung und großer Anstrengung wird beträchtlich mehr Sauerstoff verbraucht als im Zustande der Ruhe (Seguin, Prout); Andral und Gavarret bemerkten, daß während der Schwangerschaft die Ausscheidung von Kohlensäure etwas zunehme.

Einen bedeutenden Einfluß endlich üben im gesunden Zustande das Alter, das Geschlecht und die Körperconstitution aus, worüber namentlich Andral und Gavarret*) zahlreiche Versuche mitgetheilt haben. Sie stellten nach ihren Beobachtungen folgende Folgerungen auf: Die Aushauchung von Kohlensäure ist unter übrigens gleichen Umständen bei dem Manne durchschnittlich um etwa $1/3$ stärker als bei dem Weibe; diese Verschiedenheit ist hauptsächlich merklich zwischen dem 16. und 40. Jahre, während welcher Epoche der Mann fast zweimal so viel Kohlensäure liefert als die Frau. Bei dem Manne wächst die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure vom 8. bis zum 30. Jahre ohne Aufhören, und dieses stetige Wachsen wird plötzlich sehr groß in der Periode der Pubertät. Nach dem 30. Jahre fängt die Ausathmung der Kohlensäure an abzunehmen und diese Abnahme findet stufenweise um so merklicher statt, je mehr sich der Mann dem höhern Alter nähert; von diesem Punkte an bis zur letzten Grenze des Lebens kann die Ausathmung der Kohlensäure durch die Lunge wieder dieselbe werden, wie sie es gegen das Alter von 10 Jahren war. Bei dem Weibe nimmt die Ausathmung der Kohlensäure nach demselben Gesetze zu, wie bei dem Manne während der ganzen Dauer der Kindheit; aber zur Zeit der Pubertät, während zugleich die Menstruation eintritt, hört diese Ausathmung, im Gegentheil wie es bei dem Manne

*) Journ. f. pr. Ch. Bd. XXIX. S. 331. Ann. de Ch. et Ph. T. III. Sér. VIII. p. 129—150.

der Fall war, plötzlich in ihrer Zunahme auf und bleibt stationär (beinahe wie sie es in der Kindheit war), so lange die menstruellen Perioden sich in ihrem regelmäßigen Zustande erhalten. Vom Aufhören der Menstruation an (also auch während der Schwangerschaft) vermehrt sich die Menge der durch die Lunge ausgeathmeten Kohlensäure beträchtlich; nachher nimmt sie, wie bei dem Manne, ab, je nachdem sich die Frau dem höheren Alter nähert. — Wenn man das Körpergewicht mit der Menge des ausgeschiedenen Kohlenstoffs vergleicht, so ist diese viel bedeutender bei jüngeren Individuen, als bei Erwachsenen; die Kohlenstoffmenge beträgt nämlich für eine Stunde und ein Kilogramm Körpergewicht:

Jahre	Gramme
8	0,22461
15	0,18746
16	0,20228
18—20	0,18609—0,17538
29—40	0,18769—0,17730
40—60	0,14678—0,15420

Bei beiden Geschlechtern und in jedem Alter ist die durch die Lunge ausgehauchte Menge der Kohlensäure um so größer, je stärker die Constitution und je entwickelter das Muskelsystem ist.

Vierordt hat ferner durch eine große Anzahl von Versuchen und Beobachtungen gefunden, daß die Häufigkeit der Athmungsbewegungen auf die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure einen großen Einfluß hat, indem bei einer größeren Frequenz der Athemzüge in einer und derselben Zeit eine Abnahme der Kohlensäureausscheidung bemerkt wurde. Auch mit der Größe der Athembewegungen steht, nach Vierordt (a. a. O. S. 887—895), die Quantität der ausgeathmeten Kohlensäure in einem bestimmten Verhältniß; sie ist nämlich um so geringer, je größer das Volumen der auf einmal ausgeathmeten Luft ist.

Die im Wasser lebenden Thiere athmen meistens durch Kiemen. Die Fische bedürfen weniger Sauerstoff als gleichgroße warmblütige Thiere; sie befinden sich nach Humboldt und Provençal hinsichtlich des Sauerstoffgehalts der sie umgebenden Flüssigkeit in der nämlichen Lage, wie ein Thier, welches in einem Gasgemenge athmet, das weniger als 0,01 Sauerstoff enthält; denn das Volumen der in dem Wasser aufgelösten Luft beträgt nie mehr als 0,027 des Volumens des Wassers und die aufgelöste Luft selbst enthält 0,31 reinen Sauerstoff. Die Fische absorbiren nicht allein mit den Kiemen, sondern mit der ganzen Oberfläche des Körpers Sauerstoffgas (Humboldt) und selbst in der freien Luft athmen sie durch die Kiemen, so lange sie naß sind, und absorbiren genau ebenso viel Sauerstoff, als in lufthaltigem Wasser, woraus sich ergiebt, daß das Athmen im Wasser sich weniger wesentlich vom Athmen in der Luft unterscheidet, als es auf den ersten Blick scheint, indem zum Athmen der Luft auch eine nasse Oberfläche der Lungen nöthig ist. Colestis fossilis verschluckt nach Erman Luft an der Oberfläche des Wassers, welche Luft in dem Darmkanal die beim Athmen gewöhnliche Veränderung erleidet und durch den Darmkanal wieder ausgestoßen wird*). Die Luft in der Schwimmblase der Fische, welche bald mehr,

*) Erman in Gilbert's Ann. Bd. XXX. S. 113. J. Müller, Physiolog. 1. Aufl. Bd. I. S. 297.

bald weniger Sauerstoffgas oder Stickgas enthält, als die atmosphärische Luft, dringt nicht von außen hinein, sondern wird von der innern Fläche des Organes selbst abgesondert. — Die Fische erhaliren bei weitem weniger Kohlensäure als die Säugethiere, indem bei gleichem Körpergewicht nach den Beobachtungen von Humboldt und Provençal und den Berechnungen von Treviranus das Verhältniß wie 0,01 Cubikzoll zu 0,52 sich herausstellt oder von den Säugethieren in derselben Zeit ungefähr 50mal mehr als von den Fischen ausgehaucht wird. Die Fische absorbiren übrigens, ebenso wie die durch Lungen athmenden Thiere, mehr Sauerstoffgas, als sie Kohlensäure ausathmen; diese beträgt höchstens $^4/_5$ und oft nur $^1/_2$ des verschwundenen Sauerstoffs. Auch bemerkten Humboldt und Provençal eine nicht unbedeutende Absorption von Stickgas, indem nämlich in einem Versuche beim Athmen 145,4 Sauerstoffgas nebst 57,6 Stickgas absorbirt und dafür 132 kohlensaures Gas excernirt worden war. Dagegen fanden sie keinen Verlust an Wasserstoffgas, als sie Fische in Wasser athmen ließen, das mit einem Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff geschwängert worden war. In Wasser, das mit reinem Stickgas und Wasserstoffgas gesättigt ist, schließen die Fische die Kiemendeckel und leben noch 5 bis 6 Stunden; in wässeriger Kohlensäure, wässerigem Chlor und in kohlensaurem Gase sterben sie schnell. In hermetisch verschlossenen Gefäßen sterben die Fische schon, nachdem sie dem Wasser höchstens $\frac{1}{100}$ seines Volumens an Kohlensäure mitgetheilt haben, und zwar aus Mangel an Sauerstoff, weil Wasser in freier Luft erst dann tödtlich für die in ihm athmenden Thiere wird, wenn es $^1/_8$ seines Volumens an Kohlensäure enthält. Treviranus fand, daß die Mollusken selbst nach der vollständigen Absorption des in der Luft enthaltenen Sauerstoffs noch fortfahren Kohlensäure zu entwickeln, und daß stets Stickgas ausgeschieden wird, manchmal selbst mehr als Kohlensäuregas.

Bei den Insecten, welche mittelst Luftröhren oder Tracheen, die in ihrem ganzen Körper vertheilt sind, athmen, hat Treviranus in vielen Fällen eine ebenso starke Kohlensäurebildung gefunden, als bei den Säugethieren, und dieser Forscher erklärt die Kaltblütigkeit dieser Thiere trotz ihrer starken Kohlensäurebildung aus der bei ihnen stattfindenden Aushauchung von Stickgas, wobei Wärme wieder latent wird. Die Insecten athmen in freier Luft im Allgemeinen weniger Kohlensäure aus, als sie Sauerstoff absorbiren, und oft sollen die kaltblütigen Thiere 3mal so viel Sauerstoff verzehren, als sie Kohlensäure wieder herausgeben. Bei vielen der niedrigsten Thiere scheint die Function des Athmens durch die ganze Haut verrichtet zu werden; auch diese absorbiren Sauerstoffgas und entwickeln dafür Kohlensäuregas.

Athmen der Pflanzen. Wir glauben, daß hier der Ort sei, in der Kürze das Verhalten der lebenden Pflanze gegen die sie umgebende Atmosphäre zu berühren, indem man die hier auftretenden Erscheinungen insofern mit den bei den Thieren beobachteten vergleichen kann, als hier wie dort einerseits eine Aufnahme von gasförmigen Stoffen und andererseits eine Ausscheidung derselben stattfindet. Wir theilen hier einen kurzen Auszug aus einem von uns veröffentlichten Werke mit *). Bonnet machte zuerst die Entdeckung, daß grüne Pflan-

*) E. Wolff, „die chemischen Forschungen auf dem Gebiete der Agricultur und Pflanzenphysiologie,“ Leipzig 1847. 3. Abschnitt.

zen, in Wasser gelegt und den Strahlen der Sonne ausgesetzt, ein Gas entwickeln, welches Priestley *) für das von ihm entdeckte Sauerstoffgas erkannte, während Ingenhouß **) erst die wahre Ursache dieser Sauerstoffentwicklung in der Zersetzung der Kohlensäure, welche bei Gegenwart von grünen Pflanzentheilen unter dem Einfluß des Sonnenlichtes stattfindet, auffand; Sennebier ***) endlich bestätigte die schon von Bonnet, Priestley und Ingenhouß gefundenen Thatsachen, daß die Blätter im gekochten Wasser keinen Sauerstoff geben, und daß ganz frische Quellwasser zur Erzeugung des Sauerstoffgases geschickter sind, als andere, wodurch er zu dem Schluß gelangte, daß die gewöhnlich in dem Wasser enthaltene Kohlensäure es sei, die den Blättern die Fähigkeit ertheile, Sauerstoffgas unter dem Einfluß des Sonnenlichtes zu erzeugen. Th. de Saussure hat sich vor Allen das Verdienst erworben, durch eine große Anzahl von Untersuchungen die von Ingenhouß und Sennebier gemachten Entdeckungen nach den verschiedensten Richtungen hin zu verfolgen, und dadurch wichtige Aufklärungen über die für die Pflanzenphysiologie und Landwirthschaft so bedeutungsvollen Fragen über die Aufnahme und Assimilation des Kohlenstoffs durch die Pflanzen zu Wege gebracht. Er stellte †) die Behauptungen auf, daß die Pflanzen, wie die Thiere, beständig Kohlensäure bilden, wenn sie in der atmosphärischen Luft leben, es sei nun im Sonnenscheine oder im Schatten; daß sie, wie die Thiere, diese Kohlensäure mit dem Sauerstoff der Atmosphäre bilden, und daß, wenn man diese Erzeugung nicht wahrnimmt, dieses darin seinen Grund hat, weil, sowie sie gebildet wird, auch die Zersetzung erfolgt; daß ferner die Gegenwart oder vielmehr die Ausarbeitung der Pflanzen in der Sonne nothwendig ist; daß das Licht das Wachsthum der Pflanzen in so weit befördert, als es zur Zersetzung der Kohlensäure beiträgt, und daß die stärkste Gabe von Kohlensäure, die das Wachsthum der Pflanzen im Sonnenscheine begünstigt, ihm in der Dunkelheit schädlich wird. Saussure ††) verdanken wir ferner die Entdeckung, daß die Pflanzen mit dem Kohlenstoff der Kohlensäure auch einen Theil des Sauerstoffs der letztern absorbiren, indem die Menge des ausgehauchten Sauerstoffs nicht völlig dem Volumen der absorbirten Kohlensäure entspricht. Dieselben Versuche haben zugleich ergeben, daß mit dem Sauerstoffgase auch eine gewisse Quantität Stickstoffgas frei wird, und daß das Volumen dieser beiden Gase zusammen dem des verschwundenen Kohlensäuregases sehr nahe gleich ist, woher sich erklärt, daß das Volumen der ganzen Luftmenge, trotzdem daß ein Theil des Sauerstoffs von den Pflanzen zurückgehalten wird, nicht verändert ist. Man muß annehmen, daß das entwickelte Stickstoffgas aus den Zellen der Pflanzen herrührt oder zum Theil auch vorher von dem Wasser absorbirt gewesen war, welches mit den Wurzeln in Berührung stand, da es sehr unwahrscheinlich ist, daß dasselbe durch Zersetzung einer stickstoffhaltigen Substanz in der Pflanze selbst entstanden sein sollte, wie denn auch die von Boussingault ausgeführten Bestimmungen des Stickstoffgehalts verschiedener Pflanzen, z. B. des Epheus, beweisen, daß in der ganzen Pflanze weniger Stick-

*) Vers. und Beobacht. Bd. I. S. 48 ff.

**) Experiments on Vegetables 1779.

***) Gren's Journ. d. Ph. Bd. I. S. 229 bis 242. 1795.

†) Crell's Ann. 1798. Bd. I. 25 bis 39.

††) Rech. chim. sur la végétat. p. 40 ff.

stoff enthalten sei, als die ausgehauchte Quantität desselben in vielen Versuchen beträgt. Es ließe sich deshalb vermuthen, daß der in die umgebende Atmosphäre übergetretene Stickstoff durch einen Theil des aus der Kohlensäure entbundenen Sauerstoffs ersetzt worden sei, und es würde daher das Volumen des entwickelten Sauerstoffgases dem der verschwundenen Kohlensäure gleich und die letztere durch das erstere ersetzt sein. Jedoch haben die Pflanzen, wie sich weiter aus den Versuchen De Saussure's ergiebt, im Allgemeinen die Eigenschaft, den Sauerstoff aus der sie umgebenden Atmosphäre in sich aufzunehmen, und zwar ist das Vermögen nicht an die Zersetzung der freien Kohlensäure gebunden, denn jene Absorption des Sauerstoffs findet auch statt, wenn gar keine Kohlensäure vorhanden ist; dieses zeigt sich besonders im Dunkeln, denn während der Nacht nehmen die Pflanzen eine gewisse Menge Sauerstoff auf, die nur zum Theil in Kohlensäure verwandelt und wieder ausgestoßen wird (wobei also das Volumen der Luft sich vermindert); werden sie dann wiederum dem Sonnenlichte eine Zeit lang ausgesetzt, so wird das verschwundene Sauerstoffgas allmälig wieder frei und die Luft, welche die Pflanzen umgiebt, erhält wieder dieselbe Zusammensetzung und dasselbe Volumen, wie sie vor dem Versuche zeigte. Saussure *) nennt dieses Verhalten der Pflanzen Einhauchung (Einathmen, inspiration) und Aushauchung (Ausathmen, exspiration) und fand dasselbe namentlich bei saftigen Pflanzen, wie bei den Cactusarten sehr deutlich, indem diese anfangs keine Kohlensäure bilden, sondern nur Sauerstoffgas einsaugen und wiederum aushauchen, welchen Versuch man mehrmals mit demselben Blatte wiederholen kann. Er beobachtete ferner, daß die Menge des absorbirten Sauerstoffs verschieden sei bei verschiedenen Pflanzen, bei ungleicher Jahres- und Tageszeit, und ebenfalls bei den Individuen derselben Species variire, nach ihrem mehr oder weniger entwickelten und gesunden Zustande. Die mit immergrünem Laube versehenen Pflanzen absorbiren weniger, als diejenigen, deren Blätter jährlich abfallen; im Frühling ist die Absorption gewöhnlich größer, als im Herbste.

Das Einathmen von Sauerstoffgas durch die Pflanzen ist kein mechanischer Proceß, denn dann müßte dasselbe auch in einer Atmosphäre von Stickstoff oder Wasserstoffgas vor sich gehen, welches jedoch nicht, wenigstens nur in sehr geringem Maße der Fall ist; ebenso wenig wird das eingeathmete Sauerstoffgas durch Aufhebung des Luftdrucks oder durch Anwendung einer erhöhten Temperatur im Dunkeln wieder ausgetrieben. Es muß deshalb, wie es scheint, jene Einathmung auf einer chemischen Ursache beruhen, die darin besteht, daß während der Nacht durch Einathmung von Sauerstoff auf Kosten des in der Pflanze befindlichen Kohlenstoffs Kohlensäure gebildet wird, und daß diese Säure in dem Parenchym der Pflanze ganz oder zum Theil noch condensirt bleibt, selbst wenn auch das letztere mehr oder weniger mit Wasser getränkt ist; erst der Einfluß des Sonnenlichtes hebt jene Anziehung wieder auf und läßt das eingehauchte Sauerstoffgas durch Zersetzung der Kohlensäure wieder austreten, wobei jedoch neben dem Kohlenstoff ein Theil des Sauerstoffs gebunden bleibt und assimilirt wird. Die Absorption von Sauerstoff und die Zersetzung der Kohlensäure im Tageslichte scheint von einer eignen organischen Structur der Blätter bedingt zu sein; denn dieselbe hört auf, sobald diese zerstoßen und zerquetscht dem Einfluß des Sonnenlichtes ausgesetzt werden;

---

*) Rech. chim. und Gilb. Ann. Bd. XVIII. S. 211 ff.

in diesem Falle bildet sich bei Tage wie bei Nacht aus dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft und dem Kohlenstoff der todten Masse nur ein wenig Kohlensäure, in Folge der sich zersetzenden vegetabilischen Substanz.

Alle grünen Theile der Pflanze haben nach Saussure's Beobachtungen die Eigenschaft, die Kohlensäure unter dem Einfluß des Sonnenlichtes zu zersetzen, dagegen verwandeln die andern Theile, wie Wurzeln, Holz, Blüthen ꝛc., das Sauerstoffgas der Atmosphäre wohl in Kohlensäure, können diese aber nicht wieder zersetzen, sondern führen sie durch die Saft- und Luftgefäße zu den grünen Theilen der Pflanze, um hier unter theilweiser Abscheidung von Sauerstoff die Veranlassung zu mannigfachen organischen Gebilden zu werden. In den Blüthen ist während der Thätigkeit ihrer Fructification die Absorption von Sauerstoffgas und dessen Verwandlung in Kohlensäure namentlich groß, und diese Umwandlung wird in weit höherem Grade von den Geschlechtsorganen, als von den Blumenblättern bewirkt *). Die grünen Früchte besitzen dieselbe zersetzende Kraft im Sonnenlichte wie die Blätter, nur in geringerem Grade**). Bérard's ***) hiervon abweichende Angaben, daß die Früchte im unreifen, wie im reifen Zustande unter allen Umständen, im Dunkeln, im Schatten oder in der Sonne, nur den Sauerstoff der Atmosphäre in Kohlensäure verwandeln und diese aushauchen, und daß dies sogar im höheren Maße bei den grünen Früchten in der Sonne, als im Schatten der Fall sei, veranlaßten Saussure, seine früheren Versuche zu wiederholen und zu erweitern; er gelangte zu Resultaten, welche die Richtigkeit seiner früheren Behauptungen bestätigten, und die Differenzen zwischen seinen und Bérard's Resultaten haben nach ihm ihren Grund darin, daß Bérard die Früchte in einen Raum einschloß, welcher deren Volumen nur um 6 bis 8mal überstieg, und welcher zu eng war, als daß nicht die Früchte durch die Nähe oder Berührung mit den Wänden des durch die Sonne erhitzten Recipienten leiden mußten; einige dicke fleischige Pflanzen halten diese Probe zwar aus, aber mehrere Früchte erfordern eine behutsamere Behandlung, nicht allein als die dickblättrigen Pflanzen, sondern selbst als die zartesten Blätter****). Auch Couverchel †) bestätigte durch neue Versuche über das Verhalten der reifen und unreifen Früchte gegen die sie umgebende Atmosphäre im Ganzen die von Saussure ††) aufgestellten Behauptungen.

Hinsichtlich der Beobachtung von Humboldt, De Candolle und Marcet, daß die Pilze und Schwämme, unter Wasser der Sonne ausgesetzt, eine beträchtliche Quantität von Wasserstoffgas entwickeln, können wir hier das Nähere übergehen und bemerken nur, daß aus des Letztern später mitgetheilten Versuchen †††) hervorzugehen scheint, daß die Pilze die atmosphärische Luft, bei Tage sowohl wie bei Nacht, sehr bald verderben theils dadurch, daß sie den Sauerstoff derselben

---

*) Saussure; Ann. de Ch. et de Ph. T. XXI. p. 279 — 296. 1822.

**) Rech. chim. sur la végétation p. 57 u. 129.

***) Ann. de Ch. et de Ph. T. XVI. p. 152—183 u. 225—251. 1821.

****) Saussure in d. Ann. de Ch. et de Ph. T. XIX. p. 143 — 165 u. 225 — 244. 1821.

†) Ann. de Ch. et de Ph. T. XLVI. 147 ff.; Pogg. Ann. Bd. XXII. S. 398 — 434. 1831.

††) Vgl. auch Frémy: Ueber das Reifen der Früchte, Journ. f. pr. Ch. Bd. XXXV. S. 469 ff.

†††) Ann. de Ch. et de Ph. T. LVIII. p. 407—427. 1835.

absorbiren und mit ihrem Kohlenstoff zu Kohlensäure verbinden, theils dadurch, daß sie ganz aus ihren eignen Bestandtheilen Kohlensäure erzeugen, wenn der Versuch lange genug fortgesetzt wird. Auch aus Hoffmann's *) Versuchen über das Verhalten der Pilze, Schwämme und Moose ergiebt sich, daß die Vegetationsbedingungen der Zellenpflanzen von denen der Gefäßpflanzen sehr abweichen, indem die durch die Pilze ausgeathmete Quantität der Kohlensäure, die schon an und für sich beträchtlich ist, durch die höhere Reife der Pilze, besonders aber unter Einfluß des Sonnenlichts, im Gegensatz zur völligen Dunkelheit, bedeutend zunimmt, während bei den Gefäßpflanzen die Sonne gerade umgekehrt die Menge der Kohlensäure vermindert. Hoffmann knüpft hieran die Bemerkung, daß die Zellenpflanzen, wie auch überhaupt die parasitischen Pflanzen, denen fertige Nahrungsstoffe und in andern Fällen vielleicht auch humusartige Substanzen zur Nahrung dienen sollen, sich den Gefäßpflanzen, welche aus einfacheren Stoffen, aus Kohlensäure und Wasser z. B., ihr Gewebe bilden, entgegengesetzt verhalten und Kohlensäure abscheiden müssen; die Organe selbst zur Sauerstoffabscheidung fehlen ihnen, indem sie meist ohne Chlorophyll sind, oder eine grüne Farbe besitzen, die schon dem Anschein nach merklich von derjenigen der übrigen Pflanzen abweicht.

Schon aus den von Sennebier mitgetheilten Versuchen ergab sich, daß die grünen Blätter der Pflanzen unter dem Einfluß des Sonnenlichtes im Stande sind, sowohl die in Wasser aufgelöste wie auch die freie ihnen durch die Luft zugeführte Kohlensäure zu zersetzen, daß also den Pflanzen gleichzeitig die Kohlensäure, welche sie mittelst ihrer Wurzeln mit der Feuchtigkeit aus dem Boden aufsaugen, und die in der Atmosphäre vorhandene Kohlensäure zur Nahrung dienen kann. Alle hier mitgetheilten Versuche und Beobachtungen verschiedener Chemiker haben diese Thatsache bestätigt; freilich beziehen sich die angeführten Versuche hauptsächlich nur auf die Vegetation von Pflanzen in der künstlich mit Kohlensäure gemengten atmosphärischen Luft, also in einer Luft, die weit reicher an dieser Säure ist als die atmosphärische Luft selbst; man kann nun schon aus der schnellen Zersetzung **) einer größeren Menge von Kohlensäure schließen, daß dieselbe Zersetzung durch die Blätter der Pflanzen auch da stattfinden muß, wo diese Säure, wie es in der Natur zu sein pflegt, in einem bestimmten Raume nur in geringer Menge vorhanden ist, und daß dieses wirklich der Fall ist, hat Boussingault ***) vor Kurzem auf eine directe Weise dargethan.

Sennebier †) und später auch Helbig (a. a. O.) bemerkten, daß der violette Strahl des Lichtes das Vermögen, mittelst der grünen Theile der Pflanzen die Kohlensäure zu zersetzen, im höheren Grade besitze als die übrigen gefärbten Strahlen, während Draper ††) in neuerer Zeit die Beobachtung machte, daß nur das orangefarbene, gelbe und grüne Licht, namentlich das gelbe, die Entwicklung eines Gases und somit die Zersetzung der Kohlensäure veranlassen, daß daher diese Zersetzung von den Lichtstrahlen selbst bewirkt werde, dagegen die Wärmestrahlen

*) Annalen f. Chemie und Pharm. Bd. LIII. S. 242—252. 1845.

**) Gilby in Ann. de Ch. et de Ph. T. XVII. p. 64—71. 1821.

***) S. dessen Landwirthschaft. Th. I. S. 45.

†) Abhandlungen über d. Einfluß des Sonnenlichtes auf alle drei Reiche der Natur. Th. II. S. 97.

††) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXXI. S. 21—39.

(die größte Wärme lag bei dem zu diesen Versuchen angewendeten Prisma jenseits des rothen Strahles), wie auch die sogenannten tithonischen Strahlen (die höchste Wirkung derselben lag nach dem grünen Strahle zu, welches nicht mit der Stelle der stärksten Zersetzung, die der gelbe Strahl war, übereinstimmte) keinen Theil an dem Phänomen haben.

Die meisten Pflanzenphysiologen und Chemiker sind, besonders nach dem Vorgange Saussure's, der Ansicht, daß die grünen Theile der Pflanzen und namentlich die Blätter während der Nacht die in ihrer Atmosphäre sich vorfindende Kohlensäure erst aus dem Sauerstoff der Luft und ihrem eigenen Kohlenstoff bildeten, so daß also die Aushauchung der Kohlensäure durch die Pflanzen während der Nacht als ein wahrer Athmungsproceß, der wie bei den Thieren eine Entkohlung zur Folge habe, zu betrachten wäre. Nach Liebig *) giebt es kaum eine Meinung, deren Basis schwankender, sogar unrichtiger wäre; nach ihm ist die Kohlensäure schon fertig gebildet von den Blättern, ist von den Wurzeln mit dem Wasser aufgenommen worden und wird mit der Abnahme des Lichtes nicht mehr zersetzt, bleibt aber in dem Safte aufgelöst, der alle Theile der Pflanze durchdringt; in jedem Zeitmomente verdunstet mit dem Wasser aus den Blättern eine ihrem Gehalt entsprechende Menge Kohlensäure. Bekanntlich absorbiren die Pflanzen während der Nacht eine beträchtliche Quantität Sauerstoffgas aus der sie umgebenden Atmosphäre, die nach Saussure, Grischow u. A. sogar größer sein kann, als die der ausgehauchten Kohlensäure (s. oben). Liebig betrachtet nun diese Sauerstoff-Absorption als einen rein chemischen Proceß, der durch die Wechselwirkung des Sauerstoffs der Luft auf die Bestandtheile der Blätter, Blüthen und Früchte veranlaßt wird; die grünen Theile der Pflanzen nämlich, welche flüchtige Oele enthalten, die sich durch Aufnahme des Sauerstoffs in Harz verwandeln, und andere, in deren Safte sich die Bestandtheile der Galläpfel befinden, oder stickstoffreiche Materien werden mehr Sauerstoff aufnehmen, als die, worin diese Bestandtheile fehlen. In der Nacht findet also, nach Liebig, ein reiner Säurebildungs-Oxydationsproceß statt, am Tage und gegen Abend stellt sich der Proceß der Sauerstoffausscheidung ein; die Säure geht in Substanzen über, welche Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältniß wie im Wasser, oder noch weniger Sauerstoff enthalten, wie in allen geschmacklosen und bittern Materien. Dieser während der Nacht in Folge eines chemischen Processes absorbirte Sauerstoff wird am Tage von den Pflanzen in größerer Quantität wieder zurückgegeben, für welche Thatsache, auf der die Verbesserung der atmosphärischen Luft durch den Vegetationsproceß der Pflanzen beruht, Liebig zunächst an die wasserstoffreichen Substanzen der Pflanzen erinnert, die den überschüssigen Wasserstoff nur durch eine Zersetzung des Wassers, also unter gleichzeitiger Freiwerdung von Sauerstoff, aufgenommen haben können, und ferner als Beweis die Beobachtung anführt, daß, wenn die Oberfläche von Teichen und Gräben, deren Boden mit grünen Pflanzen bedeckt ist, im Winter gefriert und also das Wasser von der Atmosphäre völlig durch eine Schicht klaren Eises abgeschlossen ist, man während des Tages, und besonders während die Sonne auf das Eis fällt, unaufhörlich kleine Luftbläschen von den Spitzen der Blätter und kleineren Zweige sich lösen sieht, die sich unter dem Eise zu großen Blasen ansammeln; „diese Luftblasen sind reines Sauerstoffgas, was sich beständig ver-

*) Agriculturchemie, 5. Aufl. S. 33.

mehrt; weder bei Tage, wenn die Sonne nicht scheint, noch bei Nacht läßt sich eine Verminderung beobachten. Dieser Sauerstoff rührt von der Kohlensäure her, die sich in dem Wasser befindet, und in dem Grade ersetzt wird, als sie die Pflanzen hinwegnehmen; sie wird ersetzt durch fortschreitende Fäulnißprocesse der abgestorbenen Pflanzenüberreste. Wenn demnach diese Pflanzen Sauerstoffgas während der Nacht einsaugen, so kann diese Menge nicht mehr betragen, als das umgebende Wasser aufgelöst enthält, denn der in Gasform abgeschiedene wird nicht wieder aufgenommen.“ Diese Beobachtung Liebig's scheint in ähnlichen Davy's *), Dauheny's **) und Aimé's ***) ihre Bestätigung zu finden.

E. W.

Atholpresse, s. Presse.

Atmometer (v. d. griech. ἀτμός Dampf), Atmidometer oder Evaporometer (v. d. lat. vapor, Dunst), Verdunstungsmesser (lat. atmometrum, evaporatorium, exatmoscopium), ein Instrument, dessen man sich bedient, um die Masse von Wasser zu bestimmen, welche verdunstet, d. h. welche innerhalb einer gewissen Zeit und unter gewissen Verhältnissen bei den gewöhnlich vorkommenden Temperaturen in Dampf umgewandelt wird. Das sich zunächst darbietende Verfahren ist, daß man ein offenes Gefäß der Luft aussetzt und den nach einer gewissen Zeit erlittenen Gewichtsverlust bestimmt, welcher von der Verdunstung herrührt. So setzt man z. B. ein $^1/_2$ bis 1 Quadratfuß Fläche darbietendes bleiernes Gefäß von 3 Zoll Tiefe auf eine Wagschale und bringt durch Gewichte auf der andern die Wage ins Gleichgewicht. Sowie nun das Wasser verdunstet, erhält die Schale mit den Gewichten das Uebergewicht und die Größe desselben beobachtet man an der Zunge des Wagebalkens, welche vor einem eingetheilten Kreisbogen spielt. Bei derartigen Versuchen nimmt man im Allgemeinen an, daß die Größe der Verdunstung mit der Oberfläche im Verhältniß stehe, d. h. daß, wenn eine gewisse Quantität Wasser = q von 1 Quadratfuß Wasserfläche verdunstet, von einer Fläche von 100 Quadratfuß eine Quantität Wasser = 100 q verdunste. So richtig dieser Satz im Allgemeinen ist, so findet er doch gerade auf kleinere Gefäße keine Anwendung; hier ist nämlich die Größe der Seitenflächen, welche der Luft ausgesetzt sind, sowie die Nähe des Bodens an der verdunstenden Fläche (d. h. die Tiefe des Gefäßes) von unbestreitbarem Einflusse. Daher ist das Atmometer überhaupt ein sehr unzuverlässiges Instrument und kann höchstens nur zu vergleichenden Bestimmungen über das Verhältniß der Verdunstung unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen dienen; niemals aber wird man einen Schluß aus der Verdunstung des Atmometers auf die einer großen Wasseransammlung oder gar des feuchten Erdbodens machen können. Aber auch die atmosphärischen Bedingungen sind so unzähligen Modificationen und einem so steten Wechsel ausgesetzt, daß es höchst schwierig ist, sie alle, welche Einflüsse auf die Verdunstung haben, in jedem einzelnen Falle zu bestimmen. Um zu bestimmen, wie groß der Verlust durch Verdunstung an einer Wasseroberfläche sei, kann man ein Wasser enthaltendes offenes Gefäß bis zum Wasserspiegel in einen größeren Wasserbehälter einsenken und die

---

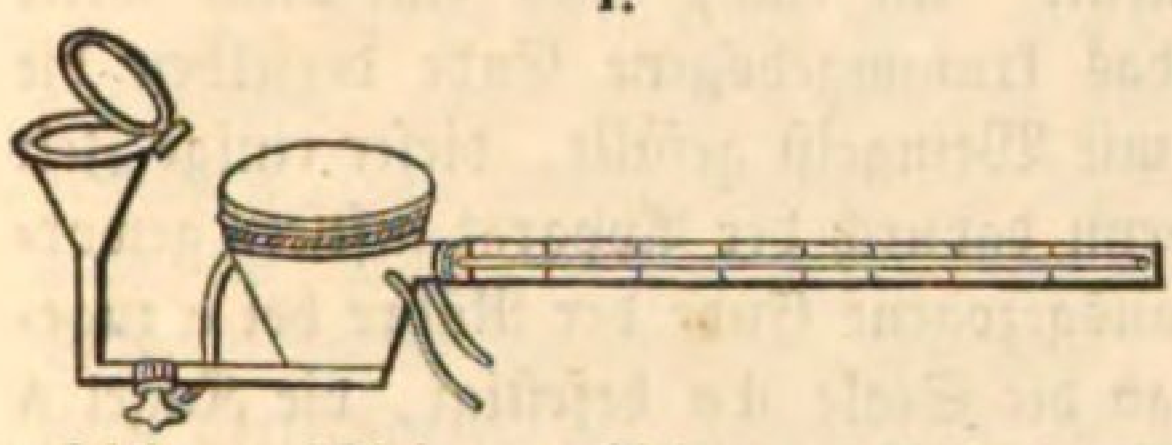
*) Agriculturchemie, 5. Vorlesung.

**) Philos. Transact. Part. I. 1836.

***) Ann. de Ch. et de Ph. III. Sér. T. II. p. 535—538. 1844.

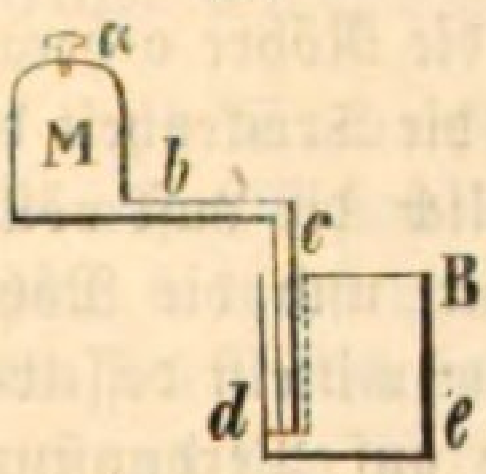
Höhe der durch Verdunstung verschwundenen Wassersäule an einer Scale messen *). Um die Menge des von stets feuchter Erde verdunstenden Wassers zu bestimmen, hat Bellani **) Fig. I. ein heberförmiges Gefäß vorgeschlagen, dessen einer hin-

I.



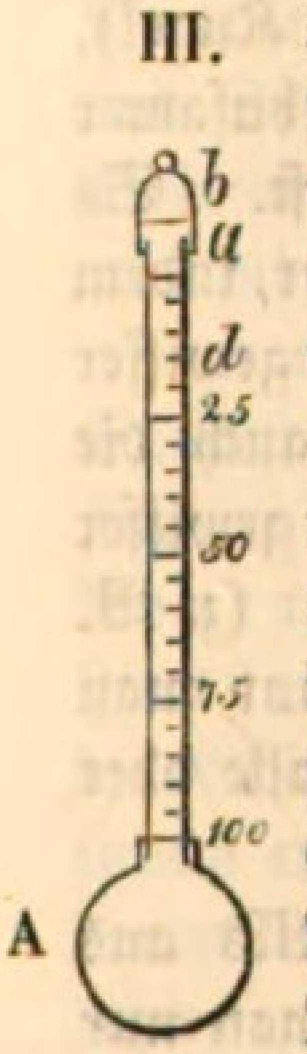
länglich weiter Schenkel mit einem Deckel von wenig gebrannter und unglasirter, daher poröser Erde verschlossen ist, welche durch das aufsteigende Wasser stets feucht erhalten wird. Zweckmäßiger würde es nach Muncke ***) sein, mit Rücksicht auf die verschiedenen Erdarten ihre Kraft, die Feuchtigkeiten festzuhalten, und die dieser umgekehrt proportionale Größe der Verdunstung vermittelst eines einfachen Apparates zu messen. Dieser dürfte nur aus einem blechernen Gefäße M, unten mit der einmal gebogenen Röhre b c Fig. II. versehen, und einem andern, mit der

II.



zu untersuchenden Erdart gefüllten B von bekannter Oberfläche bestehen, welches letztere am zweckmäßigsten in die Erde gegraben werden müßte, um den Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Seitenwände zu vermeiden. Im Gefäß B ist ein Raum durch eine mit feinen Löchern versehene Platte so abgesondert, daß das Rohr c höher und tiefer hineingesenkt werden kann. Wird dann die Oeffnung der Röhre c mit dem Finger verschlossen, das Gefäß M durch die obere Oeffnung mit Wasser gefüllt und mit der Schraube a luftdicht verschlossen, dann die Röhre c in den ihr bestimmten Raum im Gefäße B schnell hineingesenkt, so wird das Wasser vermöge des Luftdruckes bis zu einer durch die Tiefe, bis zu welcher die Oeffnung der Röhre c herabgedrückt wird, bestimmbaren Höhe steigen und hiernach die Erde von unten aufwärts mehr oder weniger feucht werden. Die Stärke der Verdunstung ließe sich dann entweder nach dem Gewichte oder nach dem Maße bestimmen. Ein von Leslie ****) angegebenes Atmometer besteht aus einem leicht gebrannten,

III.



porösen, das Wasser durchlassenden thönernen Gefäße A Fig. III. In dasselbe wird die Glasröhre d eingesenkt, welche calibrirt und so eingetheilt ist, daß ein Ueberzug der Kugel von Wasser, 0,001 Zoll betragend, einem Grade derselben entspricht. Oben ist die Röhre mit der Fassung a versehen, welche mit der Schraube b fest verschlossen werden kann. Sowie also das Wasser im Gefäße A an die Oberfläche dringt, dort verdunstet und daher sinkt, wird eine Luftblase in der Röhre c d aufsteigen und das Wasser nachsinken, wodurch man die Quantität des verdunsteten messen kann. Ist die Röhre gefüllt, zugeschraubt und in das mit Wasser gefüllte Gefäß gesenkt, so wischt man letzteres außen ab und hängt das Ganze im Freien auf, verhütet aber das Herabträufeln des Wassers von der Kugel, welches bei schwacher Verdunstung wohl stattfinden könnte. Ist dann die Oberfläche der stets feuchten Kugel bekannt und die Quan-

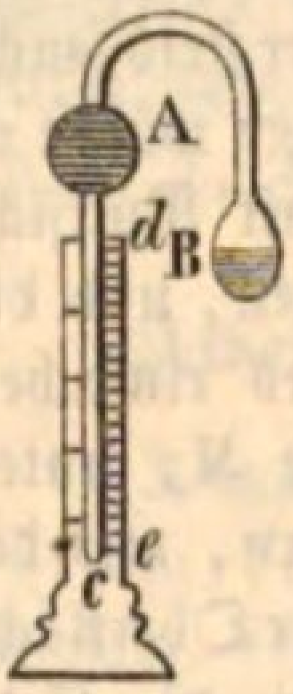
*) Vgl. Saussure, Essais sur l'hygrométrie etc. Laus. 1783. §. 249.

**) Brugnatelli Ann. di Fis. Dec. II. III. p. 166.

***) Gehler N. A. Bd. I. S. 435.

****) Ann. of Phil. T. I. p. 467. Vgl. Kurzer Bericht von Versuchen und Instrumenten, die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen. Von J. Leslie. Uebers. v. Brandes. 1823. S. 84.

tität des in gegebener Zeit verdunsteten Wassers gleichfalls, so hat man die Stärke der Verdunstung, welche nicht geändert wird, die Oberfläche mag glänzend vom Wasser oder anscheinend trocken sein. Mehr ein Hygrometer als ein Atmometer ist das von Anderson *) angegebene Instrument. An eine, etwa eine Linie weite Glasröhre wird die Kugel A und an das krummgebogene Ende derselben die andere B geblasen, letztere mit Weingeist gefüllt, dieser einige Zeit im Sieden erhalten, und wenn dadurch der Apparat luftleer geworden ist, das in eine Spitze ausgezogene Ende der Röhre bei c zugeblasen, dann der Apparat an die Scale de befestigt, die Kugel A mit feinem leinenen oder baumwollenen Zeuge umgeben, und dieses aus einem nebenstehenden Gefäße mit Wasser vermittelst eines Streifens Zeug oder Papier stets feucht erhalten. Indem das Wasser der feuchten Hülle, welche die Kugel A umgiebt, verdunstet, wird Kälte erzeugt, der Weingeist wird aus der Kugel B durch Verdunstung in die Kugel A geführt und sinkt von hier in die Röhre c herab, so daß man aus der Höhe, bis zu welcher er darin steht, auf die Trockenheit der Luft und die Stärke der Verdunstung schließen kann. Ist nämlich die Luft völlig mit Wasserdampf gesättigt, so findet gar keine Verdunstung statt und die Röhre bleibt leer. Saussure **) hat ein Atmometer angegeben, um mittelst desselben die austrocknende Kraft der Atmosphäre zu bestimmen, welche auf Verdunstung beruht. Er wählte hierzu ein Rechteck von feiner Leinwand, 13 und 10 Z. Seite haltend, spannte dieses in einen leichten Rahmen so, daß es denselben nirgends berührte, befeuchtete die Leinwand und wog sie auf einer feinen Wage, so daß sie gerade eine Gewichtszunahme von 150 Gran erhielt. Wenn der Apparat diese Gewichtszunahme erhalten hatte, so hängte er 6 Z. weit von demselben, der Mitte der Leinwand gegenüber, ein empfindliches Thermometer auf und beobachtete dann von 20 zu 20 Min. den Gewichtsverlust, bis dieser 60 bis 65 Gr. betrug, indem der Rest zu stark festgehalten und die Verdunstung dadurch unregelmäßig wurde.



Atmosphäre (v. d. griech. ἀτμός Dunst, Dampf, Gas und σφαῖρα Kugel), Luftkreis, Dunsthülle bezeichnet im Allgemeinen eine Masse ausdehnsamer Flüssigkeit, von welcher ein fester oder tropfbar-flüssiger Körper umgeben ist. So stellt man künstliche Atmosphären von verschiedenen Gasen oder Dämpfen her, indem man Gefäße mit diesen Gasen oder Dämpfen erfüllt, um das Verhalten gewisser Körper in den sie umgebenden Flüssigkeiten zu prüfen. Man bezeichnet auch die Umgebungen von einem Aether (s. d. Art.), welche man zu Erklärung gewisser Erscheinungen angenommen hat, sowie von andern hypothetischen Stoffen (z. B. Elektricität, Magnetismus, Licht) als Atmosphären. Vorzugsweise nennt man jedoch Atmosphären die Dunst-, Dampf- und Gashüllen, mit denen alle oder doch gewiß viele Weltkörper und so namentlich auch die Erde umgeben ist.

I. Die Atmosphäre der Erde besteht theils aus Gasen, theils aus Dämpfen, im Allgemeinen (atmosphärische) Luft genannt; richtiger nennt man nur den aus Gasen bestehenden Hauptbestandtheil der Atmosphäre die Luft.

Die atmosphärische Luft ist nicht, wie man früher glaubte, ein einfaches Gas, ein unzerlegbares Element, sondern ein Gemenge aus verschiedenen gasför-

*) Edinb. Encycl. art. Meteorologie. Schweigger's Journ. Bd. XXVIII. S. 326.
**) Journ. de Phys. T. XXXIV. p. 161. Gren Journ. Bd. I. S. 443.

migen Substanzen, die wir hier einzeln hinsichtlich der Menge, in welcher sie in der Atmosphäre zugegen zu sein pflegen; einer näheren Betrachtung unterwerfen wollen und zwar zunächst diejenigen, welche die

1) Wesentlichen oder Hauptbestandtheile der Atmosphäre ausmachen, unter welchen wir den Stickstoff, den Sauerstoff und die Kohlensäure verstehen, von denen freilich die letztere nur in sehr geringer Menge auftritt und auch im Vergleich zu den beiden andern Gasen verhältnißmäßig bedeutenden Schwankungen unterworfen sein kann, dennoch aber wegen der beständigen Gegenwart derselben in der Atmosphäre zu allen Jahreszeiten zu den wesentlichen Bestandtheilen derselben gerechnet werden muß. Wir werden im Folgenden nur die Resultate der quantitativen Untersuchungen über die Zusammensetzung der Atmosphäre mittheilen, ohne hier die Methoden, mit deren Hülfe man zu denselben gelangt ist, näher zu erörtern. In Betreff der letzteren verweisen wir auf den Artikel Eudiometer.

a) Sauerstoffgehalt der Luft. Da der Sauerstoff und Stickstoff von allen Bestandtheilen bei weitem in größter Menge in der Atmosphäre zugegen sind, so versteht man gewöhnlich unter dem Ausdruck atmosphärische Luft oder Luft schlechtweg ein Gemenge dieser beiden Gase, wenn ihre Mengen zu einander in dem Verhältniß von ungefähr 21 : 79 stehen. Schon gegen die Mitte des 17. Jahrhunderts hatte man die Beobachtung gemacht, daß die in einem verschlossenen Raume abgesperrte Luft nur eine Zeit lang fähig sei, den Verbrennungsproceß zu unterhalten, und daraus entnommen, daß dieselbe zusammengesetzter Natur sein müsse. Jedoch konnte man über den Verbrennungsproceß selbst, wie über die Producte desselben und somit auch über die Zusammensetzung der Atmosphäre eine richtige Vorstellung erst gewinnen, nachdem Priestley *) und gleichzeitig und unabhängig von ihm Scheele im Jahre 1774 das reine Sauerstoffgas dargestellt und dessen Gegenwart in der Atmosphäre nachgewiesen hatten. Schon Priestley hat ziemlich genau das Verhältniß ermittelt, in welchem der Sauerstoff und Stickstoff in der Atmosphäre vorhanden sind, indem er nämlich fand, daß das Volumen der Luft, nachdem er Kohlen in derselben verbrannt und die dadurch entstandene Kohlensäure mittelst Kalkwasser entfernt hatte, fast genau um ein Fünftel vermindert worden war. Scheele **) dagegen fand den Gehalt der Luft an Sauerstoff im Mittel zu 27,58 Proc. und Lavoisier ***) damit nahe übereinstimmend zu 27,0 Proc. Mit Uebergehung der ungenauen Luftanalysen von Fontana (1774), Landriani (1775), Magelhaens (1777), Ingenhouß, Achard (1786) u. A. bemerken wir hier nur, daß Cavendish ****) der Erste war, welcher die Zusammensetzung der Luft vollkommen genau bestimmte, indem er schon im Jahre 1783 die Behauptung aufstellte, daß die bisher gefundenen Differenzen in der Zusammensetzung der Luft wahrscheinlich nur in Versuchsfehlern ihren Grund hätten, daß das Verhältniß der Bestandtheile der Atmosphäre constant sei und die letztere 20,84 Volumenprocente Sauerstoff enthalte. Mit

*) S. Crell's Journ. 1774. Bd. I. S. 199—202.
**) Opusc. chem. et phys. 1788. T. I. p. 193.
***) Lavoisier, System der antiphlogist. Chemie. Bd. I. S. 65. 1792.
****) S. Kopp, Gesch. d. Chemie, Th. III. S. 210 u. 211.

der angegebenen Zahl nahe übereinstimmend fand Berthollet *) in der Luft zu Paris und zu Kairo, zu sehr verschiedenen Zeiten und unter einem sehr verschiedenen Klima, constant 22,0 Proc., De Marti **) in Catalonien zu jeder Jahreszeit und bei jedem Zustande der Witterung 21,0, ohne jemals 22,0 zu erreichen, Th. de Saussure ***) beständig 22,0, Berger ****) zu Genf und auf den französischen und schweizerischen Alpen 21,0, Gay-Lussac †) in der auf seiner berühmten Luftfahrt am 16. September 1804 in einer Höhe von 3400 Toisen gesammelten Luft 21,49 Proc. Sauerstoffgas. Aber erst seitdem Humboldt und Gay-Lussac ††) in den Monaten November und December des Jahres 1804 in 29 Analysen einer Luft, die zu Paris bei heiterem, regnerischem und trübem Wetter, bei verschiedenen Winden und bei sehr abweichenden Temperaturverhältnissen aufgefangen worden war, stets 21,0 Volumentheile Sauerstoffgas gefunden hatten, wurde die Ansicht, daß in der atmosphärischen Luft das Verhältniß zwischen Sauerstoff und Stickstoff ein constantes sei, fast allgemein die herrschende. Aehnliche Resultate, wenn auch mit geringen Abweichungen, erhielt später De Saussure im Jahr 1816 †††) (zwischen 20,6 und 21 Proc. Sauerstoff) und 1836 ††††) (im Mittel 21,05 Proc.). Ueber die im letzteren Jahr ausgeführten Analysen findet man die näheren Angaben in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Ort	Tag 1836	Wetter und Wind	Sauerstoffgehalt
See	Juli 18.	ruhig, heiter	21,08
Chambeisy †††††) .	Aug. 3.	heiter, schwacher NO. . .	20,98
„ . . .	„ 16.	heiter, mäßiger SW. . .	21,03
„ . . .	„ 25.	heiter, schwacher NO. . .	21,03
„ . . .	„ 27.	regnerisch, sehr heftiger SW.	21,13
„ . . .	„ 27.	dto. dto. dto.	21,15
„ . . .	Sept. 13.	heiter, schwacher NO. . .	21,08
See	„ 13.	dto. dto. dto.	21,09
Chambeisy . . .	Nov. 5.	bedeckt, ruhig	20,98
„ . . .	„ 21.	bedeckt, heftiger NO. . .	21,086
„ . . .	Dec. 13.	ruhig, neblig	21,006
„ . . .	„ 24.	bedeckt, heftiger NO. . .	21,1
„ . . .	„ 28.	heiter, heftiger NO. . . .	21,0
See	„ 29.	hell, bedeckt, schwacher SW.	21,04
		Mittel	21,05

*) Gilb. Ann. Bd. V. S. 341 — 351.
**) Scherer, Journ. Bd. VIII. S. 57—75.
***) Gilb. Ann. Bd. I. S. 505—509. 1799.
****) Gilb. Ann. Bd. XIX. S. 412—416.
†) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 35.
††) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 38—92.
†††) Gilb. Ann. Bd. LIV. S. 224.
††††) Pogg. Ann. Bd. XXXVIII. S. 171.
†††††) Chambeisy ist eine Wiese, eine Lieue von Genf.

Hildebrandt *) fand ebenfalls im Mittel 21,0, Turner **) im Mittel 20,88, übereinstimmend mit den von Döbereiner und von Degen ***) angestellten Versuchen.

Aus dem bisher Mitgetheilten geht schon hervor, daß die Luft nicht allein bei verschiedenen Witterungszuständen, sondern auch in verschiedenen Höhen über der Oberfläche des Wassers constant gleiche Zusammensetzung habe, welches also im Widerspruch steht mit der im Jahr 1802 von Dalton †) aufgestellten Theorie, nach welcher in einem Gemenge von Gasarten, also auch in der atmosphärischen Luft jede Gasart gleichsam eine eigne Atmosphäre bilde, indem die elastische und repulsive Kraft jedes Theilchens nur auf die Theilchen gleicher Art sich erstrecke, also jede Gasart in dem Gemenge für sich frei gravitire und bloß von ihrer eignen Dichtigkeit und Temperatur abhänge (s. d. Art. Absorption). Nach dieser Theorie nämlich müßte der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre, vermöge der größeren specifischen Schwere dieses Gases, abnehmen, je mehr man von der Ebene in die Höhe sich erhebt, so daß Dalton für die Höhe des Montblanc einen Sauerstoffgehalt der Luft = 20 Proc. berechnet, Benzenberg ††) dagegen für die Höhe von 8000 Fuß den Gehalt zu 20,22 angiebt, wenn derselbe am Ufer des Meeres 21,00 beträgt. Dalton's eigne Luftanalysen stimmen nicht mit seiner Theorie überein, welche in neuerer Zeit namentlich durch die von Brunner im Monat Juli 1833 auf dem Faulhorn in einer Höhe von etwa 8000 Fuß mit Hülfe des von ihm verbesserten Phosphor-Eudiometers (s. d. Art. Eudiometer) ausgeführten Analysen vollständig widerlegt worden ist. Die von Brunner ausgeführten Analysen mögen hier im Detail zur näheren Beurtheilung einen Platz finden:

Zeit des Versuches			Dauer desselben	Barometer	Temperatur des Stickgases	Gewichtszunahme	Eudiometer. Verhältniß in 100 Volumth. Luft
			Min.	Millim.		Gran	
18. Juli	1/4 Uhr	Abends	34	559,0	10° C.	0,124	20,79
—	= 8 3/4 =	=	41	558,5	11,5	0,123	20,76
19.	= 5 1/2 =	Morg.	55	556,8	13,5	0,123	20,93
—	= 7 =	=	51	556,9	12,0	0,125	21,11
—	= 8 1/4 =	=	39	556,5	13,5	0,123	20,94
—	= 9 1/2 =	=	60	556,7	14,0	0,122	20,83
—	= 11 1/4 =	=	35	556,7	12,4	0,124	21,00
—	= 5 1/4 =	Abends	27	556,0	10,5	0,123	20,77
—	= 6 1/4 =	=	21	555,9	10,0	0,123	20,75
20.	= 5 =	Morg.	55	553,9	13,5	0,122	20,88
—	= 6 1/2 =	=	29	553,8	14,5	0,123	21,08
—	= 8 =	=	27	553,8	14,0	0,123	21,05
—	= 9 =	=	28	553,7	14,0	0,1225	20,98
—	= 10 =	=	28	553,7	13,5	0,1225	20,95

*) Schweigg. Journ. Bd. XIV. S. 264—293.

**) Schweigg. Journ. Bd. XLIII. S. 380—381.

***) Pogg. Ann. Bd. XXVII. S. 557.

†) Gilb. Ann. Bd. XII. S. 385—395; Bd. XIII. S. 438; Bd. XXI. S. 382 und Bd. XXVII. S. 369—387.

††) Gilb. Ann. Bd. XLII. S. 182.

Das Mittel aus diesen 14 Analysen beträgt 20,915 Volumentheile Sauerstoff.

Dumas und Boussingault *) haben eine genauere eudiometrische Methode beschrieben und angewandt, durch welche es ihnen gelungen zu sein scheint, weit genauere und weniger schwankende Resultate zu erhalten, als dies vorher der Fall gewesen war. Sie fanden zu Paris im April 1841 bei schönem Wetter in 6 Versuchen im Minimum 22,92, im Maximum 23,04, im Mittel 23,010 Gewichtstheile Sauerstoff, also genau das Verhältniß 23 : 77 oder in Volumentheilen 20,8 : 79,2; bei regnerischem Wetter fanden sie in der Luft 23,015 Gewichtstheile Sauerstoff, woraus sie schließen, daß der Sauerstoff unter dem Einfluß des Regens noch nicht um ein Tausendtheil variirt, indem sie eine solche Abweichung, nach ihrer Meinung, mittelst der von ihnen angewandten Methode hätten auffinden müssen. Brunner fand hiermit übereinstimmend auf dem Faulhorn 23,010 Gewichtsprocente Sauerstoff, Verver **) im Jahr 1839 zu Groningen bei Anwendung des von Brunner beschriebenen Verfahrens 22,998 oder 23 Proc., Marignac ***) nach der Methode von Dumas und Boussingault zu Genf 22,97 bis 23,01, Staß (a. a. O. S. 297 u. 298) zu Brüssel in 12 Analysen 23,04 bis 23,08 und endlich Levy †) zu Kopenhagen 23,016 und zu Helsingör 23,037 Gewichtstheile Sauerstoff. Die einzelnen von Levy mit der atmosphärischen Luft zu Kopenhagen ausgeführten Analysen waren die folgenden:

Tage	Barometer	Thermometer	Winde	Zustand d. Himmels	Sauerstoff in 100 Th. Luft
17. Nov. 1841.	0,7498 m.	— 6°,8	NO.	Schnee	230,2
30. „ „	0,7414 „	+ 8,0	S.	bedeckt	230,3
12. Dec. „	0,7480 „	5,0	SO.	schön	229,8
15. „ „	0,7576 „	4,5	OSO.	schön	230,1
22. „ „	0,7504 „	1,5	Windstille	Schnee	230,4
				Mittel	230,16

Zu neuester Zeit hat wiederum Ficinus ††) bei verschiedenen Winden große Schwankungen in der Atmosphäre wahrzunehmen geglaubt, so daß der Sauerstoffgehalt nach ihm sogar von 20,00 bis 25,44 Proc. variirte; wenn auch diese Angaben kein Zutrauen verdienen, so haben doch bereits Dumas und Boussingault darauf aufmerksam gemacht, daß der gefundene Unterschied in der Zusammensetzung z. B. der Luft bei Brüssel und derjenigen am Faulhorn nicht wohl in einem Beobachtungsfehler oder in der Ungenauigkeit der angewandten Methode seinen Grund haben könne, sondern eine wirkliche Schwankung und Abweichung von dem Normalverhältnisse anzudeuten scheine, Schwankungen, welche Levy mit der Voraussetzung, daß die von ihm mitgetheilten Analysen vollkommenes Zutrauen

*) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXIV. S. 65—89.
**) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXIV. S. 82.
***) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXVI. S. 294 u. 295.
†) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXX. S. 207—224.
††) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXX. S. 62—64.

verdienen, ebenfalls in der über der Nordsee, wie auch in der auf Guadeloupe gesammelten Luft nachgewiesen hat *). Wir geben hier das Detail der von Levy mittelst der von Dumas und Boussingault vorgeschlagenen eudiometrischen Methode ausgeführten Analysen. In der atmosphärischen Luft der Nordsee fand er nämlich auf einer Reise von Havre nach Kopenhagen und zurück zwischen der nördlichen Breite von 52° 6′ und 57° 50′ in einer Länge von Paris zwischen 0°40′ und 8° 28′ und einem Abstand von der Küste zwischen 4 und 34 Lieues:

Tage	Stunden	Barometer	Thermometer	Winde	Zustand d. Himmels	Sauerstoff in 1000 Th. trockner Luft
2. Aug. 1841	1 U. 15 M. Nachm.	0,7375 M.	17°,0	ONO.	bedeckt	226,2
3. = =	1 = 15 = Morg.	0,7335 =	16,0	NO.	schön	225,8
3. = =	10 = 45 = =	0,7330 =	16,5	N.	schön	226,1
4. = =	8 = 30 = =	0,7285 =	16,0	S.	schon	225,9
22. Mai 1842	9 = 30 = =			SO.	bedeckt	230,9
22. = =	6 = 45 = Abds.			S.	schön	231,2
23. = =	1 = 0 = Nachm.			SO.	bedeckt	231,0
24. = =	8 = 0 = Morg.			SW.	bedeckt	232,3
24. = =	4 = 0 = Nachm.			OSO.	bedeckt	230,4

Auch in der auf Guadeloupe aufgefangenen Luft fand Levy Schwankungen im Sauerstoffgehalt zwischen 231,4 und 226,7 und gleichzeitig eine oft sehr beträchtliche Quantität Kohlensäure, jedoch so, daß die Menge der letztern keineswegs zusammenhing mit der verminderten Menge des Sauerstoffs, wie man aus den in der folgenden Tabelle mitgetheilten analytischen Resultaten ersehen kann:

Tage (1842)	Barometer	Thermometer	Wind	Zustand des Himmels	Kohlensäure in 1000 Th. trockner Luft	Sauerstoff in 1000 Th. trockner Luft	Stickstoff in 1000 Th. trockner Luft	Sauerstoff, abgesehen von der Kohlensäure
20. Nov.	0,7639 M.	28°9	WNW.	heiter	22,2	225,3	752,5	230,4
—	—	—	—	—	22,0	225,1	752,9	230,2
21. Nov.	0,7632 =	24,8	—	sehr schön	2,2	230,0	767,8	230,5
23. =	0,7622 =	27,3	NW.	bedeckt	7,8	229,5	762,7	231,4
23. =	0,7618 =	24,4	Windst.	heiter	13,6	226,2	760,2	228,5
27. =	0,7643 =	29,5	SW.	—	0,4	230,4	769,2	230,4
28. =	0,7649 =	22,5	Windst.	sehr schön	1,5	226,3	772,2	226,7
28. =	—	—	—	—	1,4	226,7	771,9	226,9
29. =	0,7645 =	24,8	WNW.	sehr schön	6,1	228,6	765,3	230,0

Die Ursache dieser Schwankungen läßt sich bis jetzt hinsichtlich der über dem Lande aufgefangenen Luft nicht näher bestimmen, wenn nicht etwa die mächtige Entwicklung von Kohlensäure, welche auf dem vulcanischen Boden von Guadeloupe statt zu haben scheint, im Stande sein sollte, die Zusammensetzung der Luft bis zu dem angegebenen Grade zu verändern, eine Frage, die erst durch fernere Unter-

*) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXX. S. 62—64.

suchungen wird entschieden werden können. Dagegen vermuthet Levy, daß die Zunahme der Sauerstoffmenge in der Seeluft der Gegenwart kleiner Thierchen, die, wie Morren *) gefunden hat, die Eigenschaft besitzen, unter dem Einfluß des Lichtes die Kohlensäure zu zersetzen und das Sauerstoffgas frei zu machen, zugeschrieben werden kann, sowie die Verminderung bei Abwesenheit dieser Thierchen die Folge des Athmens der gewöhnlichen in dem Meerwasser lebenden Thiere sei. Bei dem gegenwärtigen Standpunkte des Wissens läßt sich über die Richtigkeit dieser Behauptung nicht mit Sicherheit aburtheilen, wenn gleich die in neuester Zeit von Morren **) und von Levy ***) ausgeführten Untersuchungen über die Zusammensetzung der unter verschiedenen Umständen in dem Meerwasser aufgelösten Luft zu beweisen scheinen, daß unter dem Einfluß von gewissen Thieren und Pflanzen dieselbe je nach den Umständen sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen ist und diese, wenn auch in weit geringerem Grade, möglicherweise der zunächst über dem Wasser befindlichen atmosphärischen Luft mittheilen kann.

b) Kohlensäuregehalt der Atmosphäre. Nachdem Bergmann die Gegenwart der Kohlensäure in der atmosphärischen Luft im Jahr 1774 nachgewiesen hatte, wurde diese Beobachtung von so vielen Seiten bestätigt gefunden, daß man bald zu der Ueberzeugung gelangte, dieselbe müsse einen beständigen Gemengtheil der Atmosphäre bilden, nur müsse die Menge derselben mehr oder weniger bedeutenden Schwankungen unterworfen sein. Anfangs fand man in Folge der Ungenauigkeit der angewandten Methode viel zu große Quantitäten in der Luft, sogar bis zu 6 Proc., Girtanner †) und Fourcroy ††) noch 1,0 bis 2,0 Proc., Humboldt zwischen 1,8 und 0,5. Die ersten wirklich zuverlässigen Versuche verdanken wir Th. de Saussure †††), der aus 225 zu verschiedenen Jahreszeiten und unter den mannigfaltigsten Umständen angestellten Versuchen das mittlere Resultat fand, daß die Atmosphäre im Durchschnitt nicht mehr als etwa 4 Zehntausendtel oder 0,04 Hundertel ihres Volumens enthalte; das Maximum des Kohlensäuregehalts stieg bis 5,78, das Minimum fiel bis 3,20 Zehntausendtheile. Saussure stellte die Versuche mit einer Luft an, welche theils in Genf, theils über dem Genfer See, theils zu Chambeisy, einem 3/4 Stunden von Genf und 240 Meter vom See entfernt auf einer trocknen und luftigen Wiese mit thonigem Boden gelegenen Dörfchen, gesammelt worden war.

1) Die von Saussure über den Einfluß des Regens auf den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre ausgeführten Versuche gaben kein recht genügendes Resultat, jedoch ist er der Ansicht, daß die Menge der Kohlensäure in näherer Beziehung zu der durch den Regen hervorgebrachten andauernden Nässe des Bodens stehe, als zu einer großen Wassermenge. Ein feuchter Boden nämlich vermindert mehr die Kohlensäure, in Folge einer von leichten, aber häufigen Regen begleiteten niedrigen Temperatur, als durch momentane Wirkung einer sich auf einmal ergießenden zehnmal größeren Wassermenge. Das Gefrieren des Bodens scheint im Gegensatz

*) Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. T. I. p. 456.
**) Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. T. XII. p. 5—36. 1844.
***) Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. T. XVII. p. 5—23. 1846.
†) Gilb. Ann. Bd. III. S. 77—83. 1800.
††) Syst. des Conn. Chim. Vol. I. p. 158.
†††) Gilb. Ann. Bd. LIV. S. 217—231. 1816. Schweigg. Journ. Bd. LXI. S. 17—43 u. 129—154.

zum Thauwetter im Winter eine Vermehrung des Kohlensäuregases zu bedingen; bei Frostwetter fand Saussure im Winter 1828/9 etwa 4,57 Kohlensäure, während bei Thauwetter der Gehalt derselben auf 4,27 und selbst auf 3,66 Zehntausendtheile herabsank.

2) Aus vergleichenden Versuchen mit der gleichzeitig zu Chambeisy und über dem Genfersee aufgefangenen Luft ergab sich im Mittel für Chambeisy 4,60, für den See 4,39 in 10000 Vol. Luft und also, daß die Luft über dem See im Allgemeinen weniger Kohlensäure enthält, als die Luft auf dem Lande.

3) Bei Untersuchung der zu Chambeisy und auf der Straße von Genf gleichzeitig aufgefangenen Luft fand Saussure als Mittelzahl für die erstere 4,37, für die letztere 4,68 und daß der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre während des Tages in der Stadt größer sei als auf dem Lande, bei Nacht jedoch das Umgekehrte stattfindet, und daß die Schwankungen dieses Gases in Bezug auf die Jahreszeiten auf beiden Stationen gleich sind.

4) Der Kohlensäuregehalt zeigte sich auf den Bergen größer als in der Ebene; es zeigte nämlich am 14. und 15. Juli, 7. und 8. August und 29. und 30. September 1829 auf dem 963 Meter über dem Genfersee erhabenen Col de la Faucille im Jura die Luft, verglichen mit der gleichzeitig zu Chambeisy aufgefangenen, den folgenden Kohlensäuregehalt:

Col de la Faucille: 4,43; 4,54; 3,69; 3,60; 4,22; 3,95
Chambeisy: . . . 4,14; 4,15; 3,87; 3,22; 3,55; 3,15

Saussure glaubt dieses Verhalten sich daraus erklären zu können, daß die Zersetzung der Kohlensäure besonders in den untersten Schichten, wo die Vegetation häufiger ist, stattfindet, und daß dieses Gas bei weitem mehr von dem ebenen Boden absorbirt werden müsse, wo das Regenwasser einen langsameren Ablauf hat. Die Bergluft zeigt außerdem noch die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, daß der Kohlensäuregehalt am Tage durch den Einfluß der Nacht wenig oder gar nicht vermehrt wird.

5) Eine Reihe von Versuchen über den Einfluß des Windes, Mittags zu Chambeisy angestellt, ergab als mittleres Resultat bei Windstille oder sehr schwachem Winde 3,76, bei starkem Winde aber, ebenfalls Mittags, 3,98, welche Resultate zeigen, daß der tägliche Kohlensäuregehalt in der Ebene auf freiem Felde gewöhnlich durch den Einfluß des Windes vermehrt wird, daß diese Vermehrung aber zu klein ist, um anders als durch eine aus mehreren Beobachtungen gezogene Mittelzahl geschätzt werden zu können. Saussure hält diese Wirkung auch für natürlich und glaubt, daß sie aus der Vermischung der niederen Schichten mit den obern, welche meistentheils am Tage eine größere Menge Kohlensäure enthalten, entstehen müsse; freilich müssen auch seitliche Einflüsse, ob der Wind aus einer trocknen oder vom Regen überschwemmten Gegend herkommt, Anomalien bei dieser Art von Schwankungen besonders häufig bewirken.

6) Ueber den Kohlensäuregehalt der Luft am Tage und in der Nacht mögen die folgenden Versuche aus dem Jahre 1828 zur näheren Beurtheilung mitgetheilt werden. Die Ausnahmen, wo nämlich bei Nacht keine Vermehrung

stattfand, sind mit einem Sterne (*) bezeichnet, und wo die Beschaffenheit des Windes nicht näher angegeben ist, war die Luft ruhig oder doch nur wenig bewegt.

Zeit der Beobachtung	Kohlensäure in 1000 Th. Luft, zu Mittag	Kohlensäure in 1000 Th. Luft, bei Nacht
31. Mai 1828	4,50	4,82
13. Juni	4,75	4,40
26. „	5,09*, sehr starker W.	4,85, sehr starker W.
1. August	4,09	5,69
26. „	4,22	4,76, 8 Uhr Abends
26. „	4,22	4,69, Mitternacht
26. u. 27. August	4,22	5,74, 3¾ Uhr Morg.
14. September	4,22	4,91, 11 Uhr Abds.
26. „	4,14	4,93, 8½ Uhr Abds.
26. „	4,14	4,98, 11½ Uhr Abds.
26. u. 27. Sept.	4,14	5,09, 4 Uhr Morg.
14. October	3,81*, sehr starker W.	3,58*, 11 Uhr Abds., sehr starker W.
22. „	4,20	4,49, 11 Uhr Abds.
14. November	4,16	4,51
21. „	3,91	4,30
5. December	4,06*	3,92*
22. „	4,18*	4,25*
27. „	4,13*	4,09*
19. Februar 1829	3,66*	3,70*
12. März	4,25	4,80
18. April	4,29*	3,90*, mäßiger W.
10. Mai	3,54	4,63
11. u. 12. Juni	3,72	4,41, Regen

Die Mittelzahl des Kohlensäuregehaltes bei Tage ist nach den angeführten und nach andern von Saussure während der Jahre 1827 und 1829 angestellten Beobachtungen 3,98, bei Nacht 4,32; „die Luft enthält demnach in der Ebene, auf freiem Felde, in der Nacht mehr Kohlensäure als am Tage. Diese Schwankung nimmt im Winter sehr ab, verschwindet oft und findet sich nicht selten unabhängig von den Irrthümern des Verfahrens. Einige Resultate zeigen jedoch, daß sie in dieser Jahreszeit sogar dann stattfindet, wenn die Erde mit einer starken Schneelage bedeckt und die Temperatur mehrere Grade unter 0 ist. — Der größte Theil der angeführten Versuche wurde um 11 Uhr Abends angestellt; die betreffende Schwankung war jedoch bereits um 8 Uhr sehr deutlich eingetreten. Das Maximum des Kohlensäuregehalts innerhalb 24 Stunden tritt gegen Ende der Nacht ein, und das Minimum in der Mitte des Tages. Die größte nächtliche Zunahme stieg bis auf $^1/_3$ des täglichen Gehalts. Die beträchtlichsten und schnellsten Veränderungen finden zwischen dem Schlusse der Nacht und den ersten Tagesstunden

statt; diejenigen, welche zwischen 9 Uhr Morgens und 3 Uhr Nachmittags eintreten, können mit Beobachtungsfehlern zusammenfallen. Die Verdunkelung der Sonne durch die Wolken hindert nicht die nächtliche Zunahme des kohlensauren Gases; sie fand statt sowohl zu Zeiten leichter und anhaltender Regen, als auch, wenn die Erde in Folge langwieriger Regen ganz mit Wasser getränkt war; die Zunahme fällt nur unter diesen Umständen etwas geringer aus. Wenngleich Thau eintritt, so wurden doch die bedeutendsten Zunahmen der Kohlensäure zur Zeit des häufigsten Thaues und dann, wenn die Tageshitze am meisten mit der Kühle der Nacht contrastirte, bemerkt.

Seit der Veröffentlichung der von Saussure angestellten Versuche sind nur wenige neue Beobachtungen mitgetheilt worden. Brunner *) fand die Durchschnittszahl von 5 Th. Kohlensäure in 10000 Th. Luft bestätigt; Boussingault **) wies in der Luft von Lyon 0,00046 ihres Volumens Kohlensäure nach und Watson ***) fand die Luft in der Stadt Bolton kohlensäurereicher als die Landluft und die Bergluft, in der erstern nämlich 5,300, in der letztern 3,614 bis 4,737 Zehntausendtheile. Auffallende Schwankungen in dem Kohlensäuregehalt bemerkte endlich Levy in der Luft von Guadeloupe, zwischen 22,2 und 0,4 Zehntausendtheilen, welche wenigstens zum Theil die Folge der vulcanischen Beschaffenheit des Bodens und einer Aushauchung von Kohlensäure aus demselben sein mögen.

Durch das Athmen der Menschen und der Thiere wird bekanntlich eine beträchtliche Menge Sauerstoff verzehrt, die jedoch, verglichen mit der in der ganzen Atmosphäre vorhandenen Quantität, höchst unbedeutend erscheint. Die Berechnungen Poggendorff's †) ergeben, daß, wenn auch seit Adams Zeiten stets 1000 Millionen Menschen auf der Erde gewesen wären, diese doch nur $\frac{1}{408}$ des jetzigen Sauerstoffgehalts verbraucht haben würden, also eine Größe, die allen bisherigen Analysen sich entzieht. Ein einziges Zehntel Procent der Atmosphäre reicht hin, das gesammte Menschengeschlecht auf 10000 Jahre mit Sauerstoff zu versorgen. Oder nehmen wir mit Boussingault und Dumas ††) an, daß 1000 Millionen Menschen, von denen nach Prevost ein jeder täglich 1 Kilogramm Sauerstoff verzehren soll, auf der Erde sind, und daß in Folge des Athmens der Thiere oder durch die Fäulniß der organischen Materien die den Men-

---

*) Pogg. Ann. Bd. XXIV. S. 569 Ann. de Chim. et de Phys. T. LXXVIII. p. 305.

**) Pogg. Ann. Bd. XXXVI. S. 456. 1838.

***) Journ. f. prakt. Chem. Bd. VI. S. 75—78.

†) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 562. Vergl. Pogg. Ann. Bd. LIII. S. 405. Hier (S. 408) führt Poggendorff nachfolgende Berechnung an: Welch ungeheure Masse von Sauerstoff die Atmosphäre in sich schließt, und wie gering der Antheil ist, den davon die gesammte Menschheit durch Athmen verbraucht, kann man sich auch auf folgende Weise veranschaulichen. Gesetzt, die Atmosphäre habe durchgängig dieselbe Dichtigkeit wie an der Meeresfläche und sei eine geographische Meile (22843 Par. Fuß) hoch; dann würde der Sauerstoff, gesondert gedacht, unter derselben Voraussetzung eine Schicht von 4797 Par. Fuß Höhe bilden und das, was die gesammte Menschheit davon in einem Jahre einathmet, nicht mehr als eine Schicht von 0,282 Par. Lin. Höhe betragen, während die in der Atmosphäre vorhandene Kohlensäure schon eine Schicht von 9,48 Par. Fuß Höhe ausmachen würde.

††) Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXIV. S. 85.

schen zugeschriebene Verzehrung noch vervierfacht würde, so würde nach Verlauf eines Jahrhunderts das ganze vereinte Menschengeschlecht und noch ein dreifaches Aequivalent desselben nur eine Quantität Sauerstoff absorbirt haben, welche dem Gewichte nach gleich 15 oder 16 Kupferwürfeln von 1 Kilometer Seite sein würde, während die Atmosphäre deren ungefähr 134000 enthält, wovon jene Quantität kaum $\frac{1}{8000}$ beträgt. Man sieht also, daß in der That bedeutende Quantitäten Sauerstoff der Luft entzogen und ihr wiederum zugeführt werden könnten, ohne daß wir bei Anwendung unserer schärfsten eudiometrischen Methoden diese Veränderungen zu verfolgen im Stande wären. Diese Sauerstoff-Abnahme steigt aber in der Wirklichkeit niemals zu der angedeuteten Größe heran, weil der verzehrte Sauerstoff durch die Fähigkeit der lebenden Pflanzen, unter Einfluß des Sonnenlichtes die Kohlensäure zu zersetzen und den Sauerstoff aus derselben frei zu machen, wenigstens zum großen Theil der Atmosphäre wieder zurückgegeben wird (s. d. Art. Athmen der Pflanzen); das constante Mischungsverhältniß der atmosphärischen Luft ist also eine Folge dieser Wechselwirkung zwischen dem thierischen und vegetabilischen Leben, sowie der beständigen verticalen und horizontalen Bewegungen der Luft, welche die eintretenden Störungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre im nächsten Augenblicke wieder ausgleichen. Wenn überhaupt die Luft in ihrem Sauerstoffgehalt Veränderungen erleidet, so können diese, nach Dumas und Boussingault (a. a. O.), doch höchstens von derselben Bedeutung sein, als die Modificationen, welche man in Betreff der Kohlensäure der Luft beobachtet. Nun weiß man aber aus den Versuchen von Saussure und Brunner, daß die Kohlensäure der Luft dem Volumen nach beinahe von 4 bis 6 Zehntausendtheilen variirt. Nimmt man an, daß diese Kohlensäure von dem Sauerstoffe herrühre, den die Luft abgegeben hat, und nicht von den Gasen, welche die Vulcane unaufhörlich ausstoßen, so würde der Unterschied dieser Zahlen, welcher 2 Zehntausendtheile des Volumens der Luft beträgt, die Veränderung anzeigen, welche der Sauerstoff erlitten hat, und man würde also in 10000 Volumen Luft 2081 oder 2083 Sauerstoff finden. Dieser Unterschied möchte offenbar nicht zu bestimmen sein, wenn man sich darauf beschränkte, 10 oder selbst 25 Gr. Luft, wie Dumas und Boussingault es thaten, zu analysiren, da derselbe dann von ungefähr 2 oder 3 Milligr. bezeichnet sein würde. Untersuchte man 1000 Gr. Luft, so würde er durch 200 bis 300 Milligr. bezeichnet sein. Man kann also, wenn man will, dahin gelangen, daß die Luftanalyse in der That von einigem Nutzen bei der Erörterung der allgemeinen Gesetze der Physik unserer Erde würde. Man müßte zu solchen Versuchen ein dem von Brunner beschriebenen entsprechendes Verfahren anwenden, wo der Stickstoff gemessen und nur der Sauerstoff gewogen wird, indem man den letztern durch Phosphor oder glühendes Kupfer absorbirt. Durch eine Reihe solcher Versuche kann man, bei Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln, mit Sicherheit den Sauerstoff bis auf $\frac{1}{300000}$ genau angeben.

II. Zufällige oder Nebenbestandtheile der Atmosphäre. Es sind in der Atmosphäre noch einige andere gasförmige Substanzen nachgewiesen worden, die aber theils, wenn auch ziemlich allgemein verbreitet, nur in sehr geringer, quantitativ kaum bestimmbarer Menge aufzutreten pflegen, theils aber

nur an einzelne Localitäten gebunden und die Folge von Exhalationen des Erdbodens oder von Fäulniß thierischer und vegetabilischer Körper sind. So entwickelt sich z. B. bei der Verwesung vegetabilischer Stoffe in sumpfigen Gegenden Wasserstoffgas oder Kohlenwasserstoffgas, welches in der Atmosphäre sich verbreitet, und wo es sich in nur einigermaßen beträchtlicher Menge ansammelt, auch mit Hülfe chemischer Mittel entdeckt werden kann. Humboldt und Gay-Lussac *) waren schon im Jahr 1804 von der Gegenwart dieses Gases in der atmosphärischen Luft überzeugt; sie konnten jedoch nur nachweisen, daß die Quantität desselben nicht über drei Tausendtheile des Volumens der Atmosphäre betragen könne, da sie bei Anwendung des Volta'schen Eudiometers, welches die angegebene Menge noch angezeigt haben würde, ein negatives Resultat erhielten. Saussure **) stellte die Vermuthung auf, daß die atmosphärische Luft eine kohlenstoffhaltige Gasart und zwar wahrscheinlich Kohlenoxydgas enthalten müsse, welches, wie er glaubte, in Folge der zersetzenden Wirkung des elektrischen Funkens aus der Kohlensäure sich gebildet hat; er fand nämlich bei Verpuffung von kohlensäurefreier Luft mit Wasserstoffgas in dem luftförmigen Rückstande stets etwas neugebildete Kohlensäure und zwar auf 2000 Th. Luft noch 1 oder 0,94 Th. dieser Säure. Boussingault ***) endlich zeigte, daß die Luft zu Paris 0,00003 bis 0,00013 Wasserstoff enthalte, und später ****) fand er in der Luft von Lyon ebenfalls 0,00018 bis 0,0003 Wasserstoffgas, das, wie er mit Recht vermuthet, als Kohlenwasserstoffgas von den Sümpfen in Folge von Steinkohlenlagern exhalirt wird, in vielen Gegenden aus den Spalten der Erde selbst hervordringt und einen mehr oder weniger allgemeinen Bestandtheil der Atmosphäre ausmacht. Boussingault fand ebenso, wie Saussure, in der kohlensäurefreien Luft noch einen geringen Gehalt an Kohlenstoff, nämlich in der Luft von Lyon dem Gewichte nach 0,00012 Th., welche in Verbindung mit Wasserstoff 0,0022 Th. Kohlenwasserstoffgas ausmachen würden.

Schwefelwasserstoffgas findet sich manchmal in Folge von Fäulniß organischer Substanzen in nicht unbeträchtlicher Menge vor, wie namentlich am Meeresstrande im Sommer als Zersetzungsproduct der Tange, Fische rc. *****), und nach Boussingault †) ist es ebenfalls unter den Exhalationen einiger americanischer Vulcane vorhanden. Chlorwasserstoffsäure ferner ist im Freien und an Basen gebunden in geringer Menge namentlich in der Seeluft aufgefunden worden ††) und wahrscheinlich durch Zersetzung der chlorwasserstoffsauren Talkerde entstanden; auch Chlormetalle werden in Folge von heftigen Stürmen aus dem Meerwasser zuweilen mechanisch fortgerissen und erhalten sich eine Zeit lang in der Luft schwebend, bis sie mit dem Regenwasser der Erde wieder zugeführt werden (s. d. Art.

*) Gilb. Ann. Bd. XX. S. 38—92.
**) Schweigg. Journ. Bd. LXI. S. 129—154.
***) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. III. S. 151—161.
****) Pogg Ann. Bd. XXXVI. S. 456—458.
*****) Forchhammer, Journ. f. prakt. Chem. Bd. XXXVI. S. 395.
†) Pogg. Ann. Bd. XXXI. S. 148
††) Vogel in Gilb. Ann. Bd. LXVI. S. 93—99 u. Bd. LXVII. S. 277—288. Hermbstädt in Schweigg. Journ. Bd. XXXII. S. 281—291. Pfaff in Schweigg. Journ. Bd. XXXV. S. 396—397. Krüger in Schweigg. Journ. Bd. XXVV. S. 379—395 rc.

Regen). Der Stoff, den Hermbstädt (a. a. O.) und Zimmermann *) in der atmosphärischen Luft auffanden, und welcher von dem Letztern Pyrrhin genannt wurde, findet sich, wie alle angeführten Bestandtheile der Atmosphäre, ebenfalls in dem Regenwasser und ist in dem betreffenden Artikel, auf welchen wir verweisen, näher charakterisirt worden. Ueber andere organische fein zertheilte Körperchen, welche zuweilen die Luft verpesten und zerstörend auf den Organismus der Menschen und Thiere einwirken, vergleiche man den Art. Miasmen.

E. W.

Ueber den Wassergehalt der Atmosphäre oder die Dampfatmosphäre wird im Folgenden ausführlich die Rede sein.

Die Atmosphäre der Erde ist, wie schon gesagt wurde, die den festen Körper rings umgebende Luftmasse. Diese erfüllt also nicht den ganzen Weltraum, sondern gehört der Erde eigenthümlich an und bewegt sich mit derselben um die Erdaxe und um die Sonne. In ihr befindet sich die Erde etwa wie das Dotter in einem Ei.

In der Atmosphäre bewegen wir uns von Jugend auf und, wie es scheint, ungehindert. Und dennoch hat dieselbe eine bedeutende Schwere. Dies bemerken wir sogleich, wenn die Luft in schnellere Bewegung geräth, beim Winde und Sturme, wo dieselbe eine oft ungeheure Kraft zeigt; ein völlig der Schwere entbehrender Körper würde auch bei der größten Geschwindigkeit, mit welcher er sich fortbewegte, keinen Druck und Stoß ausüben, wie wir z. B. an dem Lichte bemerken, welches sich noch unendlich schneller als die Luft im ärgsten Sturme bewegt. Es giebt aber Erscheinungen, aus denen wir die Schwere der Atmosphäre genau zu berechnen im Stande sind. Es ist bekannt, daß man eine Spritze dadurch mit Wasser füllt, daß man einen luftdicht in sie passenden Kolben zurückzieht und dabei das untere Ende der Spritze ins Wasser hält. Dann steigt in den durch Zurückziehen des Kolbens leer gewordenen Raum, in welchen weder von unten, noch von oben Luft eindringen kann, Wasser. Ebenso steigt das Wasser in einer Saugpumpe. Man glaubte bis Galilei diese Erscheinung dadurch erklärt zu haben, daß man sagte, die Natur habe einen Abscheu vor dem Leeren, daher beeile sie sich im angeführten Falle den durch Hebung des Kolbens leer werdenden Raum durch Wasser zu füllen. Gärtner in Florenz hatten zu Galilei's Zeit eine sehr lange Pumpe gebaut und fanden, als sie dieselbe anwenden wollten, daß es nicht möglich war, durch Heraufziehen des Kolbens das Wasser höher als 32 Fuß zu heben. Sie fragten Galilei um Rath, der ihnen ironisch antwortete: die Natur habe offenbar nur bis zu einer Höhe von 32 Fuß Abscheu vor dem leeren Raume **). Galilei wußte übrigens sehr wohl, daß die Luft schwer sei ***), gab auch das Wasserbarometer als Mittel an, den Druck der Luft zu zeigen, und konnte also die angeführte Erklärung, wenn sie nicht eine hingeworfene Abfertigung war, nur in dem ironischen Sinne geben, daß er durch sie andeutete, wie die bisherige Ansicht von dem Abscheu vor dem leeren Raume durch die gemachte Beobachtung, wenn noch nicht vollkommen widerlegt, doch schon

---

*) Schweigg. Journ. Bd. XLVIII. S. 157—158.

**) Ren. Cartesii Epp. Amst. 1682. III. Vol. T. II. 91. 94. 96. T. III. 102.

***) Er hielt sie für 400 mal leichter als Wasser. Galilei Discorsi e Demonstrazione matem. intorno a due nuove scienze. Leid. 1638. — Vergl. Biot traité de phys. T. I. p. 69 (Fechner's Uebers. Bd. I. S. 201). Gehler, N. A. Bd. I. S. 762.

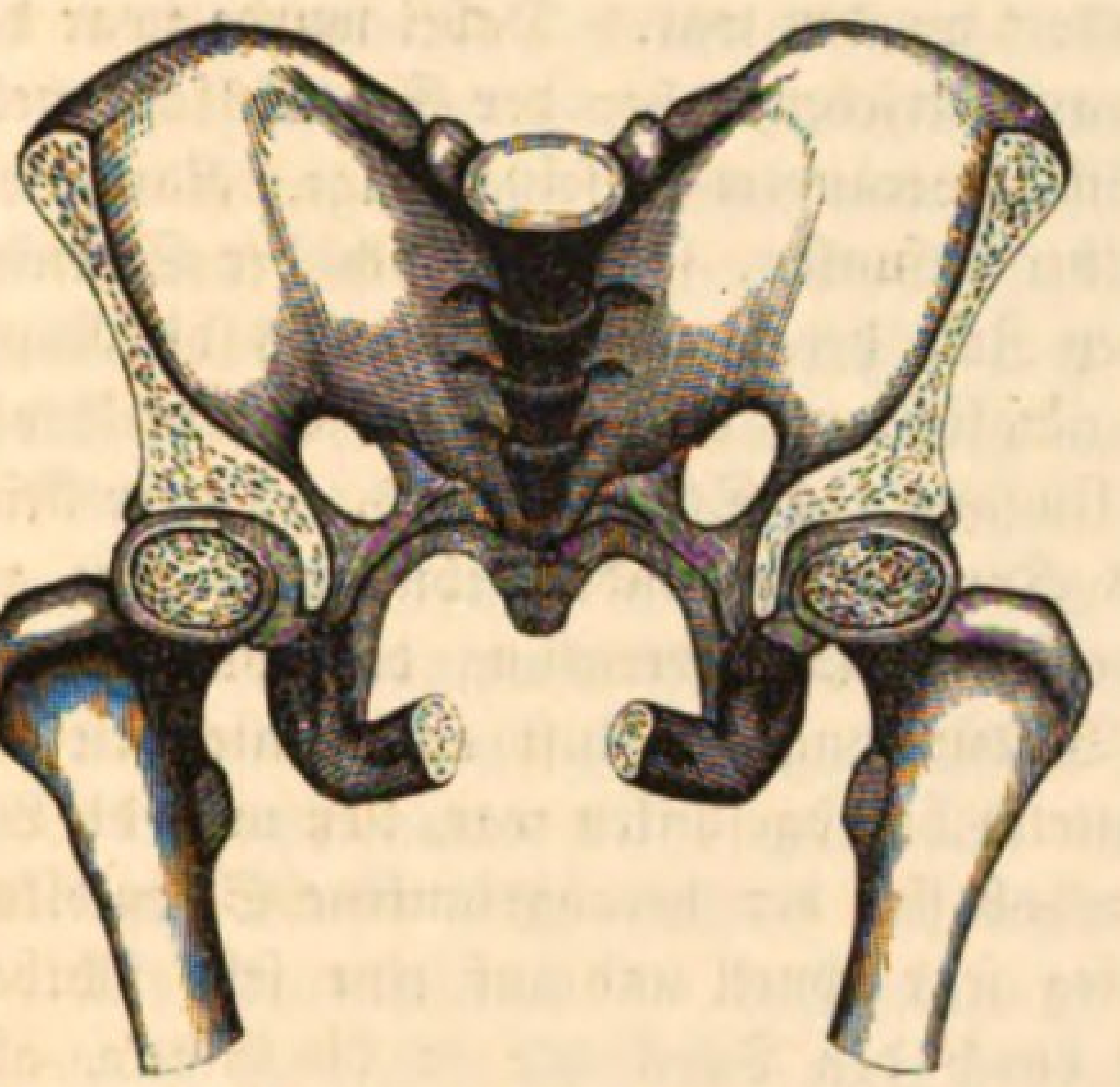
wesentlich limitirt sei. Das Wasserbarometer, dessen roheste Gestalt schon jene Pumpe der Florentiner Gärtner darstellte, war ein zu unförmliches Instrument, um den Druck der Luft an ihm genauer zu beobachten; dies konnte erst geschehen, nachdem das Quecksilberthermometer erfunden war.

Im Jahr 1643 füllte Torricelli eine 3 Fuß lange Glasröhre, deren eines Ende zugeschmolzen war, mit Quecksilber, hielt mit dem Finger das offene Ende zu und brachte es so unter die Oberfläche einer mit Quecksilber gefüllten Schale. Alsbald fiel das Quecksilber bis auf eine Höhe von 28 Zoll, in dieser aber blieb es in der Röhre stehen. Oberhalb des Quecksilbers war nun offenbar ein leerer Raum entstanden, vor dem die Natur gar keinen Abscheu zeigte. Warum fiel aber das Quecksilber nicht ganz aus der Röhre? Offenbar wurde es durch einen äußeren Gegendruck gehalten, es drückte aber auf die Quecksilberfläche im Gefäß, welche beim Sinken des Quecksilbers in der Röhre hätte steigen müssen, nichts als die Atmosphäre, also muß der Druck der Atmosphäre im Stande sein, eine Quecksilbersäule 28 Zoll hoch zu halten, und eine leichtere Flüssigkeit, muß man sogleich schließen, wird der nämliche Druck soviel Mal höher in einer Röhre erhalten, wie viel Mal sie leichter ist. Wasser ist ungefähr 13,5 mal leichter als Quecksilber, also muß eine Wassersäule in einer Röhre 13,5 mal höher als Quecksilber stehen, d. i. fast 32 Fuß, — also in der That bis zu der Höhe, bis zu welcher nach der Erfahrung jener Gärtner das Wasser in der Pumpe emporgetrieben wurde. Die Luft ist demnach eine schwere Flüssigkeit, wie alle Flüssigkeiten wird sie deswegen von allen Seiten auf alle Punkte eines von ihr umgebenen Körpers drücken, und so hat man berechnet, daß ein Mensch von mittlerer Größe, welcher in jedem Punkte seiner Oberfläche einen Druck von der Luft zu ertragen hat, der gleich dem einer Quecksilbersäule von 28 Zoll Höhe oder einer Wassersäule von 32 Fuß Höhe ist, an der Luft ein Gewicht von 33000 Pfund zu tragen habe. Wir ertragen dieses ungeheure Gewicht, weil es von allen Seiten gleichmäßig wirkt, und weil unser Körper selbst mit Luft und tropfbaren Flüssigkeiten erfüllt ist, deren Ausdehnungskraft gleich derjenigen der äußeren Luft ist. Es würde im Gegentheil unsern augenblicklichen Tod herbeiführen, wenn plötzlich der Druck der Atmosphäre aufhörte, denn die in uns befindliche Luft würde sich dann, keinen Widerstand mehr findend, ihrer Natur nach sogleich unbegrenzt ausdehnen. Aehnliches geschieht z. B. bei Fischen, die im Grunde des Meeres leben, wenn sie plötzlich heraufgebracht werden. Im Grunde des Meeres haben diese nämlich einen noch viel größeren Druck von außen, als wir auf der Oberfläche der Erde (auf dem Grunde der Atmosphäre) auszuhalten. Die Blase im Innern dieser Fische kann sich, wenn dieselben plötzlich emporgeschleudert werden, nicht schnell genug dem veränderten Drucke von außen gemäß entleeren, die Luft in der Blase dehnt sich daher gewaltig aus, sprengt die Blase, erfüllt den ganzen Körper, dreht den Magen nach außen, ja selbst zum Schlunde heraus, und tödtet so die Thiere. — Das Gesagte wird recht auffallend von den Erscheinungen bei der Luftpumpe (einer anderen Erfindung, welche die Richtigkeit der Lehre vom Abscheu der Natur vor dem leeren Raume beweist, s. d. Art.) bestätigt, namentlich von folgender. Legt man die Hand auf eine oben offene Glocke und pumpt darunter aus, so wird bald die Hand so fest aufliegen, daß man sie auch mit der größten Anstrengung nicht herunter heben kann. Dies kommt daher, daß schon, wenn die Luft unter der Glocke durch das Auspumpen auf ein Zehntel der natürlichen Dichtigkeit gebracht

ist, die äußere Luft auf jeden Quadratzoll $13\frac{1}{2}$ Pfd. Druck mehr ausübt, als die Luft unter der Glocke; ist die Oeffnung in der Glocke, auf welcher die Hand liegt, 4 Quadratzoll groß und die Luft in der Glocke bis auf ein Zehntel der gewöhnlichen Dichtigkeit verdünnt, so müßte folglich die Hand, um sich zu erheben, schon ein Gewicht von 54 Pfd. heben, welches nicht möglich ist. Setzt man den Versuch länger fort und verdünnt die Luft noch mehr, so röthet sich die Haut, das Blut wird in die Gefäße derselben getrieben, weil der Druck der äußern Luft die im Körper enthaltene Luft nicht mehr zurückhält. Noch auffallender findet dies aus ähnlichem Grunde beim Schröpfen statt, und wiederum derselbe Grund (verminderter Luftdruck) ist es, welcher bei Personen, die hohe Berge ersteigen oder in einem Luftballon sich erheben, eigenthümliche Affectionen bewirkt. Indem dann das Gewicht der äußern Luft nicht ausreicht, um die Flüssigkeiten und Gase, welche unser Körper einschließt, zusammenzudrücken, so wird das Athmen keuchend; die Lungen bewegen sich schneller, weil sie immer dieselbe Quantität Sauerstoffgas (der in der atmosphärischen Luft enthalten ist) nöthig haben, um das Leben zu unterhalten; es geht endlich so weit, daß das Blut von innen nach außen dringt, und die Folge ist Hervortreten des Blutes aus Lippen, Zahnfleisch und Augen und Blutspeien. Die Beschleunigung des Athmungsprocesses auf hochgelegenen Orten begünstigt die Lungenkrankheiten. Daher können z. B. die Mönche des Hospizes auf dem großen St. Bernhard dort nur einige Jahre aushalten. Die Verminderung des Druckes mit der Höhe hat Einfluß auf die Beschaffenheit des Wassers in hochgelegenen Orten und dadurch auf das organische Leben. Wie noch näher (s. d. Folg.) gezeigt worden ist, enthält das an der Oberfläche der Erde hinströmende Wasser stets Luft, welche einen größern Antheil Sauerstoff hat als die freie Luft. Diese Luft entweicht aus dem Wasser, je höher man in der Atmosphäre aufsteigt, in Folge des verminderten Luftdruckes. Da nun das Wasser dem thierischen Leben um so zuträglicher ist, je mehr es Luft einschließt, indem es beim Austritt aus der Quelle oft die Verdauungsorgane angreift, so folgt hieraus, daß auf hohen Bergen das Wasser minder trinkbar ist, als an der Oberfläche des Landes, d. h. am Niveau des Meeres.

Eine der interessantesten Beobachtungen über die Wirkungen des Druckes der atmosphärischen Luft ist die von den Brüdern Wilhelm und Eduard Weber*) gemachte, welche die Wichtigkeit des Luftdruckes für die Oekonomie der Kräfte des menschlichen Körpers beweist. Dieselben haben nämlich durch directe Versuche dargethan, daß das Gewicht des Beines, wenn es am Rumpfe hängt, welches ungefähr 20 Pfund beträgt, weder an den Muskeln oder Bändern hänge, noch auch auf dem Pfannenrande ruhe, sondern von dem Drucke der Luft, mit welchem dieselbe beide Gelenkflächen zusammenpreßt, getragen werde. Durch diese Aequilibrirung seines Gewichtes erhält das Bein eine so vollkommene Drehbarkeit in seiner Pfanne, als zur Ausführung so geregelter Bewegungen, als das Gehen und Laufen sind, erforderlich ist. Nach der Berechnung würde der Druck der atmosphärischen Luft, welche die beiden Flächen zusammenpreßt, ungefähr 30 Pfd. betragen. Die Versuche geben den Druck zu ungefähr 20 Pfd. Neben diesem Drucke wirken aber zur Erhaltung des Wirbelknochens des Beines in seiner Kapsel auch noch die Muskeln und Bänder,

*) Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Von den Brüdern Wilh. und Eduard Weber. Göttingen 1836. Vergl. Pogg. Ann. Bd. XXXX. S. 1 ff.



da ein Gewicht von 400 Pfd. dazu gehört, um das Bein herauszureißen. Alexander v. Humboldt machte in Rücksicht auf diese Entdeckung auf eine Erfahrung aufmerksam, welche er selbst zu machen Gelegenheit gehabt. Bei Besteigung sehr hoher Berge stellt sich nämlich eine seltsame Ermüdung ein, welche, wie Humboldt meint, aus der von den Brüdern Weber nachgewiesenen Aequilibrirung der Beine durch den Luftdruck sich erklären lassen dürfte.

Nähme man an, daß der Luftdruck, unter welchem wir uns befinden, immer mehr vermindert werde, so müßte ein Punkt eintreten, wo derselbe der Schwere des Beines nicht mehr das Gleichgewicht halten könnte. Es müßte alsdann eine andere Kraft, z. B. die der Muskeln, seine Stelle vertreten und das Bein tragen, weil sich sonst beide Gelenkflächen von einander entfernen würden. Es ist aber zu erwarten, daß, wenn das Bein auf eine solche minder vortheilhafte Weise wirklich getragen wird, welche nicht allein selbst Kraftaufwand verursacht, sondern auch, weil die angestrengten Muskeln steif werden, die Bewegungen des Beines hemmt, Störungen und Unbequemlichkeiten beim Gehen eintreten werden, welche, wenn das Bein durch den Luftdruck äquilibrirt ist, nicht stattfinden. Da nun in sehr hohen Regionen, wo sich der Luftdruck fast bis zur Hälfte vermindert, wirklich solche Unbequemlichkeiten, nämlich eine große Ermüdung der Beine wahrgenommen wird, welche auf eine Störung des Gehmechanismus schließen läßt, und welche nur so lange gefühlt wird, als man geht, beim Niedersitzen verschwindet, beim Weitergehen aber sogleich wieder eintritt, so stellten nach Humboldt's Aufforderung die Brüder Weber folgende entscheidende Versuche an:

Ein frisches Becken nebst Schenkelbeinen wurde durch das Kreuzbein halbirt, und die Beckenstücke sowohl, als die Schenkelbeine so beschnitten, daß man die Hüftgelenke mit Bequemlichkeit unter der Glocke einer Luftpumpe aufhängen konnte. Senkrecht über dem Hüftgelenke wurde ein Loch durch den Beckenknochen gebohrt und durch dasselbe eine Schnur gezogen, um mittelst derselben das Hüftgelenk frei aufzuhängen. Ein zweites Loch wurde senkrecht unter dem Gelenke durch das Schenkelbein gebohrt, um daran ein Gewicht zu befestigen, welches das Gewicht des abgeschnittenen Beines verträte. An dem einen Hüftgelenke wurde die Kapselmembran dicht am Schenkelbeine ringsum durchschnitten, so daß sie nicht mehr beide Knochen unmittelbar mit einander verband. Nachdem dieses vollständig geschehen war, berührten beide Gelenkflächen sich nicht allein noch vollkommen, sondern wurden auch (durch den Druck der Luft) fest zusammengehalten. Darauf wurde der Beckenknochen mittelst der oberen Schnur an einen Haken befestigt, der sich an der Decke der Luftpumpenglocke befand. Der Apparat hing dann von der Decke der Glocke frei herab und schwebte hoch über dem Teller, auf welchen die Glocke gesetzt wurde. An das Schenkelbein wurde mittelst der untern Schnur ein zwei Pfund schweres Gewicht gehängt. Die Höhe des zu unterst hängenden Gewichtes über dem Teller wurde gemessen, und darauf die Luft aus der Glocke gezogen, bis ihr Druck bis

auf drei Pariser Zoll Quecksilber vermindert worden war. Dabei wurde zwar das Blut aus den Gefäßen der Knochen herausgetrieben, aber der Schenkelkopf nebst dem daran hängenden Gewichte erhielt sich unverändert in seiner Lage. Kaum war aber der Druck unter drei Zoll Quecksilber gesunken, so senkte sich der Schenkelkopf allmälig und zwar über einen halben Zoll herab, so weit, als es die Kapsel gestattete. Die Kapselmembran bildet nämlich um den Hals des Schenkelkopfes einen Ring, welcher enger ist als der Umfang des Schenkelkopfes. Dieser Ring gestattet daher zwar das Herabsinken des Kopfes; er hindert ihn aber, ganz aus der Pfanne zu entweichen, d. i. er verhütet die Verrenkung des Hüftgelenkes. Nachdem der Schenkelkopf in Folge der Verdünnung der Luft acht Linien tief (so weit es der beschriebene Kapselring gestattete) herabgesunken war, ließ man die Luft wieder in die Glocke treten. Sogleich erhob sich der herabgesunkene Schenkelkopf nebst dem angehängten Gewichte und stieg sehr schnell und auf eine sehr sichtbare Weise scheinbar von selbst, in der That durch den Druck der in die Glocke, aber nicht in den Pfannenraum wieder eindringenden atmosphärischen Luft in die Höhe, bis er an die Decke desselben anstieß oder zu seiner ursprünglichen Höhe zurückgekehrt war. Dieser Versuch wurde nun mehrmals hinter einander wiederholt angestellt, indem man bloß die Luft abwechselnd aus der Glocke herausziehen und einströmen ließ, stets mit demselben Erfolge. Darauf wurde der Versuch wiederholt, nachdem der Kapselring quer durchschnitten und der Schenkelkopf sogar ganz aus der Pfanne herausgenommen, jedoch mit Gewalt wieder hineingedrückt war. Wirklich wurde dadurch die in den Pfannenraum eingedrungene Luft so weit wieder verdrängt, daß der Schenkelkopf durch den Druck der Luft von außen wieder schwebend erhalten wurde. Frühere Versuche hatten ergeben, daß das Hüftgelenk wie eine Luftpumpe betrachtet werden kann, aus welcher der Stempel durch sein Gewicht nicht herausfällt, auch wenn etwas Luft im schädlichen Raume zurückgeblieben ist. Diese Luft wird nämlich sogleich sehr verdünnt, sobald der Stempel im geringsten sinkt. Die beiden Weber bohrten ein feines Loch durch die Pfannenwand und verschlossen es bald, bald öffneten sie es, dem Zwecke ihrer Versuche gemäß, konnten aber nicht verhindern, daß etwas Luft auch nach dem Verschließen im Loche zurückblieb, von wo sie sich wie aus dem schädlichen Raume in die Pumpe verbreiten konnte, ohne die Versuche dadurch wesentlich zu stören. Bei Verminderung des Luftdruckes fiel diesmal der Schenkelkopf etwas früher und ganz heraus, während vorher bei unvermindertem Luftdrucke das Gewicht des Schenkels sammt dem angehängten Gewichte sicher getragen worden war. Diese Versuche bestätigen nicht nur im Allgemeinen die Richtigkeit der von A. v. Humboldt geäußerten Vermuthung, sondern können insbesondere auch dazu dienen, die Hauptfrage zu entscheiden, ob die Verdünnung der Luft auf hohen Bergen schon hinreiche, diese Erscheinung hervorzubringen. Diese Versuche haben nämlich ergeben, daß etwa $2^1/_2$ Pfund (das Gewicht des abgeschnittenen Schenkelbeines und des daran hängenden Zweipfundgewichtes), bei etwa 3 Zoll Barometerstand noch getragen, bei einer geringen Verminderung des Druckes schon nicht mehr getragen wurden. Rechnet man das Gewicht des ganzen Beines zu 20 Pfd., d. i. achtmal größer, so würde ein Druck von 24 Zoll Quecksilber hinreichen, das ganze Bein zu tragen. Sinkt also das Barometer auf hohen Bergen unter 24 Zoll herab, so dürfen beim Gehen die Muskeln des vom Boden aufgehobenen, nach vorn schwingenden Beines nicht gänzlich erschlaffen, sondern müssen so gespannt bleiben,

daß sie für jeden Zoll tieferen Barometerstand wenigstens $^5/_6$ Pfd. mehr tragen. In Folge dieser fortdauernden ungewohnten Spannung werden die Muskeln nicht allein ermüden, sondern es wird auch, weil diese Anspannung im Widerstreit steht mit der vom Beine auszuführenden Schwingung (ähnlich der eines Pendels), eine Unannehmlichkeit und Unbequemlichkeit für den Gang selbst daraus hervorgehen, die sich in der beschriebenen Empfindung von Müdigkeit kund zu geben scheint. — Die Brüder Weber machen auch darauf aufmerksam, daß beim freiwilligen Hinken, wo das Bein auch nicht mehr durch den Luftdruck in seiner Lage erhalten wird, sondern schon beim Beginnen des Uebels so weit aus der Pfanne herabsinkt, als die Kapselmembran gestattet, gleichfalls eine baldige und große Ermüdung beim Gehen wahrgenommen wird, welche oft nächst der Verlängerung des Beines fast das einzige Merkmal ist, wodurch das beginnende Uebel sich äußerlich kund giebt.

Man kann mittelst der Luftpumpe die Luft auch geradezu wiegen. Man bebedient sich zu diesen Versuchen einer hohlen Kugel von Metall oder Glas, welche einen beträchtlich großen Durchmesser hat und mit einer kurzen Röhre versehen ist, die nach Abschraubung des Tellers der Luftpumpe auf die Communicationsröhre der Pumpe aufgeschraubt werden kann. Das Ende der Röhre muß daher mit einem Schraubengewinde versehen sein. Ueberdies ist die Röhre mit einem einfach durchbohrten Hahne versehen, so daß also der innere Raum der Kugel sowohl abgeschlossen als geöffnet werden kann. Wiegt man, während der Hahn geöffnet ist, die Kugel an einer gewöhnlichen Wage, so findet man ein Gewicht P. Die Wägung geschieht hier offenbar in der Luft, einem flüssigen Körper, daher ist P nicht das wirkliche Gewicht der Metallmasse, sondern dieses Gewicht weniger dem Gewicht der Quantität Luft, welche durch die Kugelhülle aus dem Platze verdrängt worden. Jetzt schraube man die Kugel mit geöffnetem Hahne auf die Communicationsröhre der Luftpumpe und exantlire. Dadurch wird die Luft in der Kugel verdünnt. Wir wollen vorerst annehmen, es wäre möglich, die Kugel völlig luftleer zu machen. Verschließt man nun den Hahn der Kugel, schraubt sie ab und wiegt sie aufs Neue, so ergiebt sich jetzt ein Gewicht $= P'$. Dieses Gewicht ist das Gewicht der Metallhülle, weniger dem Gewicht der von der Kugel aus der Stelle getriebenen Luft. Offenbar wird jetzt von der Kugel (denn in ihr befindet sich keine Luft) ein größeres Volumen Luft aus der Stelle getrieben, als bei der ersten Wägung. Dort nämlich wurde nur ein Volumen Luft gleich dem der Blechhülle, jetzt ein Volumen Luft gleich dem der ganzen Kugel aus der Stelle getrieben. Offenbar muß daher P' kleiner als P sein und zwar genau um das Gewicht eines Volumens Luft gleich dem Cubikinhalte der Kugel. Ist dieser bekannt, z. B. = 1 Cub. F., so weiß man folglich jetzt, wie viel 1 Cub. F. atmosphärischer Luft von gewöhnlicher Dichte wiege, nämlich $P-P'$. Gewöhnlich nimmt man an, daß bei diesem Versuche, wenn der Inhalt der Kugel = 1 Cub. F. ist, $P-P' = 1$ Unze sei. Aber eine geringe Ueberlegung zeigt, daß der Versuch, in der angegebenen Weise angestellt, noch sehr roh und ungenau sei. Wir wissen, daß die Dichte der uns umgebenden Luft sich fortwährend verändert und daß wir diese Veränderungen aus den Aenderungen des Thermometer- und Barometerstandes erkennen; mit der Dichte wird sich auch die Schwere ändern, und so wird bei einem genauen Versuche auf Barometer- und Thermometerstand Rücksicht zu nehmen sein. Ferner ist auch die Annahme falsch, daß die Kugel völlig von Luft befreit werden könne, da man mit der Luftpumpe wohl die Luft verdünnen, aber nicht völlig aus einem geschlossenen Raume fort-

schaffen kann, und endlich wird man den Cubikinhalt der Kugel genauer als durch eine bloße Messung ihres Durchmessers zu bestimmen haben, weil nicht darauf zu rechnen ist, daß sie durchaus genau kugelförmig gearbeitet sei, und weil auch die Höhlung der Mündungsröhre der Kugel in Betracht kommt. Man kann daher die Beobachtung, unter Berücksichtigung des Barometer- und Thermometerstandes, genauer wie folgt anstellen. Man fülle die Kugel mit Wasser bis zum Hahne und wiege sie, es sei das gefundene Gewicht $= p$. Hierauf entleere man die Kugel vollkommen vom Wasser und wiege sie wieder, ihr Gewicht sei jetzt $= P$. $p - P$ ist folglich das Gewicht des Wassers von dem Volumen der Kugel, und da wir wissen, wie groß das Gewicht von 1 Cub. F. Wasser ist, so haben wir, dies Gewicht $= p'$ gesetzt, $\frac{p-P}{p'}$ als Ausdruck des Cubikinhaltes der Kugel nach Fußen. Hierbei muß auf die Temperatur des Wassers Rücksicht genommen werden, weil das Wasser bei verschiedenen Wärmegraden verschiedenes Gewicht hat. Nun exantlire man die Kugel, verschließe den Hahn und wiege sie zum dritten Mal; das gefundene Gewicht sei $= P'$. Jetzt bringe man den Hahn unter Wasser und öffne ihn, so tritt durch denselben Wasser in das Innere der Kugel. Man senke die Kugel so tief ein, bis das Wasser in ihr gleich hoch wie außer ihr steht. Dann hat sich die vorher den ganzen Raum der Kugel im verdünnten Zustande erfüllende Luft in den über dem Niveau des Wassers befindlichen Raum zurückgezogen und hat hier nun wieder dieselbe Dichte wie in der Atmosphäre. Den Cubikinhalt dieses Raumes bestimme man; er sei $= \frac{1}{v}$ des Cubikinhaltes der ganzen Kugel. (Diese Bestimmung geschieht übrigens durch Wägen der in die Kugel getretenen Wassermasse; ist dieses Gewicht $= P''$, nnd haben p' (vergl. d. Art. **Gewicht, specifisches**), P, p die oben angegebene Bedeutung, so ist der Cubikinhalt des bezeichneten Raumes $= \frac{p - P - P''}{p'}$). Es zeigt sich also, daß $P - P'$ nicht das Gewicht eines Volumens Luft vom Cubikinhalte des Innern der Kugel ist, sondern nur, wenn dieser $= C = \frac{p - P}{p'}$ ist, von einem Volumen Luft $= \frac{C}{v}$.

Besonders genaue Versuche über das Gewicht der Luft sind von **Biot** und **Arago** angestellt worden. Unter dem Druck einer Quecksilbersäule von 760 Millimetern und bei 0° Temperatur wiegt in Paris*) 1 Liter, d. h. 1000 Cubikcentimeter, 1,299541 Gramme. Dasselbe Volumen Wasser auf dem Punkte seiner größten Dichtigkeit, d. h. bei 4°,0 C., wiegt 1000 Gramme. Unter den genannten Umständen ist also das specifische Gewicht des Wassers, gegen das der Luft gleich Eins, $= 769{,}44$ oder das der Luft gegen das des Wassers als Einheit $= 0{,}00128308$. Das Quecksilber bei 0° C. ist 13,598 Mal so dicht als Wasser bei 4°,0 C., folglich 10472,9 Mal so dicht als atmosphärische Luft bei $0^m{,}76$ und 0° C.

Neueste, höchst sorgfältige und mit aller Accuratesse. welche der gegenwärtige Standpunkt der Wissenschaft möglich macht, angestellte Untersuchungen über das

---

*) Mém. de l'Acad. des Scienc. pour 1806. **Biot**, traité de physique. T. I. p. 387.

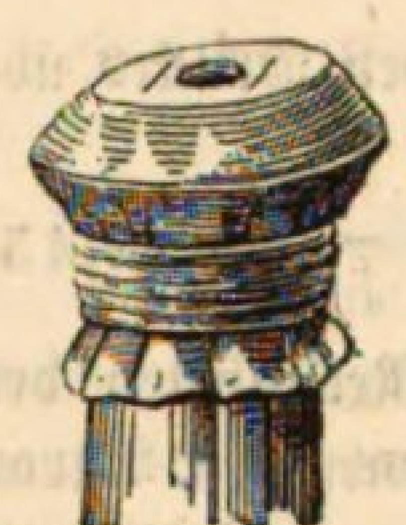
Gewicht der Luft verdanken wir Regnault *). Derselbe fand das Gewicht eines Liters Luft bei 0° Temperatur und $0^{mm},760$ Barometerstand für die Breite von Paris (48° 50′ 14″ geogr. Br.) = 1,293187 Grammen. Das Gewicht von 1 Liter Quecksilber bei 0° hat Regnault zu 13595,93 Grammen bestimmt. Das Gewichtsverhältniß zwischen Quecksilber und Luft bei der Temperatur 0 und unter dem Drucke $0^{m},760$ ist also zu Paris = 10513,5. Im Niveau des Meeres und unter der Breite 45° wird dieses Verhältniß = 10517,3.

Kommt es nur auf einen ungefähren Versuch an, so kann man, statt des mit einem Hahn versehenen Ballons, folgende wohlfeile Vorrichtung anwenden, welche außerdem noch den Vortheil hat, daß sie bei gleichem Volumen des Ballons weit weniger wiegt als die eben besprochene. Man wähle einen Ballon von nicht gar dickem Glase und nicht sehr dickem, geradem Halse, wie Fig. I., aus. Der Hals wird sorgfältig mit einem wohlverschließenden Korke zugestopft, der in der Mitte durchbohrt ist. Das durch den Kork gehende Loch mag etwa 2^{mm} Durchmesser haben. Ueber den Kork wird nun Wachstaffent gebunden, wie Fig. I. und in größerem Maßstabe Fig. II. zeigt. Auf diese Weise ist der innere Raum des Ballons vollkommen von der äußern Luft abgesperrt. Neben der Stelle, welche die Oeffnung des Korkes bedeckt, macht man zwei Einschnitte in den Wachstaffent, wie man in Fig. II. sieht, und so ist der Ballon gewissermaßen mit einem Ventil verschlossen, durch welches Luft aus dem Ballon austreten, aber nicht eintreten kann. Bei Anstellung des Versuches wägt man zuerst den lufterfüllten Ballon und bringt ihn dann unter die Glocke der Luftpumpe, so wird beim Evacuiren auch die Luft aus dem Ballon heraustreten. Ist er so entleert, so wird abermals gewogen, und man findet nun, daß er leichter geworden ist.

I.



II.



Aus der Theorie des Barometers (s. d. Art.) wissen wir, daß eine Luftsäule von z. B. 1 Quadratzoll Durchmesser, welche bis an das Ende der Atmosphäre reicht, einer Quecksilbersäule von demselben Durchmesser und etwa 28 Zoll Höhe das Gleichgewicht hält, d. h. ebenso schwer ist. Die ganze angegebene Quecksilbersäule wiegt aber 15,45 Pfund; die Atmosphäre drückt also auf jeden Quadratzoll der Oberfläche eines Körpers mit einem Gewichte von 15,45 Pfd. **). Man kann auch sagen, die Spannkraft der Luft, d. h. ihr Bestreben, als expansible Flüssigkeit nach allen Seiten sich auszudehnen, welches sich als Druck merkbar macht, wo es Widerstand findet, ist im Allgemeinen gleich einem Gewicht von 15,45 Pfd. Die Spannkraft nämlich ergiebt sich unmittelbar aus dem Drucke. Experimentell kann man die Richtigkeit dieses Satzes sogleich nachweisen, wenn man den offenen Schenkel eines Barometers luftdicht verschließt, dann behält nämlich die Quecksilbersäule

*) Relation des expériences entreprises etc. pour déterminer les principales lois et les données numeriques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur. Paris 1847. Abhandlg. Nr. 3. Détermination du poids d'un litre d'air etc. S. Pogg. Ann. Bd. LXXIV. S. 202.

**) Genauere Bestimmungen siehe weiter unten.

unverändert denselben Stand wie vorher, sie wird also jetzt getragen von der Luft im kurzen Schenkel, und da diese von dem Drucke der Atmosphäre durch den Verschluß befreit ist, so trägt sie die Quecksilbersäule nur durch ihre Spannkraft, die also dem atmosphärischen Drucke genau gleich sein muß. Dieses Gewicht äußert aber seine Kraft nicht, so lange ihm ein gleichstarkes Gegengewicht entgegenwirkt, und dies ist überall da der Fall, wo sich Luft von der Spannkraft der atmosphärischen Luft befindet. Stellt man aber einen Recipienten auf den Teller der Luftpumpe und verdünnt die Luft in ihm, so drückt die Atmosphäre mit einem um so stärkeren Uebergewicht auf ihn, je mehr die Verdünnung zunimmt. Dieser Druck läßt sich durch Rechnung genauer bestimmen und durch Versuche in seinen Kraftäußerungen aufzeigen. Gesetzt, die Barometerprobe unter dem Recipienten der Luftpumpe zeige nur noch 6 Lin. Höhe der getragenen Quecksilbersäule. Bezeichnen wir den äußeren Druck der Luft mit AD, den inneren mit JD, so verhalten sich folglich JD : AD wie die getragenen Quecksilbersäulen, d. h. wenn wir den gewöhnlichen Barometerstand 28 Zoll = 336 Linien annehmen, $JD : AD = 6 : 336$, folglich ist $JD = \frac{6\,AD}{336}$, und AD ist auf 1 Quadratzoll, wie wir wissen, = 15,45 Pfd. Das Uebergewicht des äußeren Druckes über den innern ist $= AD - JD = AD - \frac{6\,AD}{336} = \frac{330}{336}\,AD = \frac{55}{56}\,AD$ $= \frac{55}{56}.\ 15{,}45$ Pfd. $= 15{,}174 = 15^1/_6$ Pfd. Auf jeden Quadratzoll eines Recipienten drückt folglich die Atmosphäre mit einem Gewichte von $15^1/_6$ Pfd., wenn die Barometerprobe in ihm 6 Lin. anzeigt.

Um die Mächtigkeit des Luftdruckes darzustellen, kann man mit Hülfe der Luftpumpe noch eine Menge von Versuchen machen. Eine ebene Glasplatte, unter welcher man die Luft wegpumpt, wird in viele strahlig vom Mittelpunkte auslaufende Stücke zertrümmert. Bringt man unter den Recipienten einer Luftpumpe eine luftdicht zugebundene Blase, welche nur sehr wenig Luft enthält, so daß sie sich in einen Knäuel zusammendrücken läßt, und pumpt sodann aus, so dehnt sie sich beim Exantliren aus, weil der Luft in ihr der Widerstand der umgebenden Luft immer mehr entzogen wird; bald ist sie ganz straff aufgeblasen und endlich zerplatzt sie. Auch eine gläserne Flasche von geringem Durchmesser, welche fest verschlossen unter den Recipienten der Luftpumpe gesetzt wird, zerplatzt. Hat sie ein Ventil, welches die Luft heraus, aber nicht hinein läßt, so wird sie zugleich mit dem Recipienten entleert und, wenn man dann wieder Luft in den Recipienten läßt, von dieser Luft zerdrückt. Eine trockne Blase, welche über das offene Ende eines cylindrischen Recipienten straff gespannt ist (man zieht die Blase feucht über, spannt sie an, umbindet sie von außen und läßt sie trocknen), biegt sich beim Exantliren des Recipienten ein und zerspringt endlich mit einem heftigen Knalle. Dieser Knall ist die Folge der schnell in den Recipienten stürzenden Luft. Man muß sich hüten, im Augenblicke des Platzens die Hand über die Blase zu halten, sonst kann diese von der Luft gegen den scharfen Rand des Recipienten geschleudert und stark beschädigt werden. Wenn man statt der Blase über den Cylinder eine dünne Metallplatte deckt, so daß sie luftdicht anschließt, so wird sie durch den Druck der Luft eingebogen. Bei den Recipienten, welche oberwärts nur mit einer abhebbaren starken Metallplatte bedeckt werden, liegt diese nach dem Exantliren so fest auf dem Cylin-

der, daß man nicht im Stande ist sie abzuheben und, um dies zu bewerkstelligen, erst wieder Luft in den Recipienten lassen muß. Das größte Erstaunen erregte auf dem Reichstage zu Regensburg 1654 dasjenige Experiment, welches Guerike mit den sogenannten Magdeburgischen Halbkugeln anstellte. Dies sind zwei hohle metallene Halbkugeln mit breiten, auf einander sorgfältig abgeschliffenen Rändern. Die eine Halbkugel ist mit einem Hahne versehen, welcher auf die Luftpumpe aufgeschraubt werden kann, und beide Halbkugeln haben starke metallene Handhaben. Werden die Ränder dieser Halbkugeln mit Fett bestrichen, damit sie luftdicht auf einander schließen, und sodann durch den Hahn die Luft zwischen ihnen verdünnt, so werden sie durch das Uebergewicht der äußeren atmosphärischen Luft so fest an einander gedrückt, daß sie nur durch die gewaltigsten, an den Handhaben angebrachten Kräfte aus einander gerissen werden können. Otto von Guerike bediente sich zweier Halbkugeln von ungefähr 15 Par. Zoll Durchmesser. Nach dem Auspumpen der Luft schloß er den Hahn, schraubte die nun möglichst luftleere Kugel ab und spannte an jede Handhabe 8 bis 12 Pferde. Diese wurden angetrieben, um die Halbkugeln aus einander zu reißen, aber vergebens. Dagegen waren die Kugeln mit geringer Kraftanwendung aus einander zu bringen, nachdem man den Hahn geöffnet hatte, doch hingen sie immer noch ziemlich fest an einander, welches aber nur eine Folge der Adhäsion war. Schraubt man die Kugeln aber wieder auf die Pumpe und verdichtet in ihr ein wenig die Luft, so fallen die Halbkugeln von selbst aus einander. Um genauer zu wissen, mit welcher Kraft bei dem Guerike'schen Versuche die Halbkugeln an einander gepreßt wurden, wollen wir nur annehmen, die Luft sei so weit verdünnt gewesen, daß die Barometerprobe noch 1 Zoll gezeigt hätte. Dann würde (nach einer wie oben für die Annahme von 6 Lin. anzustellenden Rechnung) der Druck der äußeren Luft auf jeden Quadratzoll der Kugelfläche etwas weniger als 15 Pfd. betragen haben. Die Kugelfläche ist nach den Lehren der Geometrie $= 4\, r^2 \pi$, d. h. im gegenwärtigen Falle $= 4 \times 7{,}5^2 \times \pi =$ gegen 706,5 Q.-Z. Der beim Auseinanderreißen zu überwindende Druck war folglich $706{,}5 \times 15 = 10597{,}5$ Pfund. Nehmen wir die mittlere Zugkraft eines Pferdes zu 736 Pfd. an, so würden 24 Pferde allerdings mit einer Kraft von 17664 Pfd. reißen, müßten also die Halbkugeln aus einander bringen, wobei aber angenommen ist, daß sie völlig gleichzeitig anziehen, welches niemals der Fall sein wird. Auf keinen Fall werden 16 Pferde die Kugel zerreißen. Wurden die Kugeln durch die Kraft der Pferde aus einander gerissen, so erfolgte dies mit einem Knall, gleich dem einer Flinte. Werden zwei kleine Magdeburgische Halbkugeln durch Exantliren an einander gepreßt, dann unter einem Recipienten aufgehängt und auch dieser ausgepumpt, so fallen sie, da hier der Widerstand der äußern Luft aufhört, nachdem die äußere Luft weniger Spannkraft bekommen, als die noch in den Kugeln befindliche, von selbst aus einander.

Setzt man zwei kleine Gefäße mit wohl abgeschliffenen Rändern, das eine von Glas oder Metall, das andere von Holz, umgekehrt auf den Teller der Luftpumpe und über sie einen größeren Recipienten, welcher erst exantlirt und dann wieder mit Luft erfüllt wird, so wird nach dem Abheben des Recipienten das eine Gefäß, nämlich das von Glas oder Metall, nur mit Mühe sich vom Teller abreißen lassen, während das hölzerne Gefäß mit Leichtigkeit abgehoben werden kann. Das letztere ist nämlich so porös, daß die Luft durch dasselbe hindurch dringen kann, das andere nicht. Beim Exantliren wird nun die Luft im Innern beider Gefäße

verdünnt, und läßt man dann wieder Luft unter den sie bedeckenden Recipienten, so wird von dieser das Glasgefäß angedrückt, das Holzgefäß durchdrungen. Um zu zeigen, daß es der Druck der Luft ist, welcher das Wasser beim Saugen emporhebt und die Erscheinungen des Hebers bewirkt, kann man unter einer Spindelglocke Saugpumpen und Heberapparate in Wirksamkeit setzen. Ist die Luft bis 6 Lin. Barometerstand ausgepumpt, so steigt das Wasser in ihr nicht ganz gegen 7 Z. hoch durch Saugen an, und eine Pumpe mit längerer Saugröhre und einen Heber, welcher das Wasser bis zu dieser Höhe heben soll, vermag man nicht, jene zum Ausgießen, diesen zum Laufen zu bringen.

Auch die Elasticität oder Spannkraft der Luft ist zum Theil schon durch die erwähnten Versuche erläutert. Offenbar tritt dieselbe nämlich in allen den Fällen wirkend auf, bei welchen Luft von bestimmter Dichte in einem Gefäße sich befindet, welches in eine Atmosphäre verdünnter Luft (unter einem Recipienten) gebracht und hier durch die in ihm befindliche Luft von verhältnißmäßig größerer Spannung aufgetrieben, ja zerplatzt wird. Dies war z. B. bei der zugebundenen Blase unter dem Recipienten der Fall. Weitere hierher gehörige Versuche sind folgende. Cartesianische Teufelchen, wie gewöhnlich in eine cylindrische verschlossene Flasche gebracht und unter den Recipienten gesetzt, steigen während des Auspumpens und sinken beim Wiederzulassen der Luft. — Bringt man einen kleinen gläsernen Heronsball mit seiner Mündung unter Wasser und setzt das Wassergefäß mit ihm unter den Recipienten einer Luftpumpe, so entweicht die Luft aus ihm beim Exantliren. Beim Wiederzulassen der Luft wird durch den Druck derselben das Wasser in ihn hineingetrieben, so daß man mittelst der Luftpumpe den Heronsball füllen kann. Das Wasser nimmt in ihm so viel Raum ein, als Luft von der Dichte der atmosphärischen Luft aus ihm entwichen ist. Stellt man den halb mit Wasser gefüllten Heronsball unter dem Recipienten aufrecht, so springt bei jedem exantlirenden Kolbenzuge das Wasser als ein Strahl in die verdünnte Luft empor, weil sich auch im Heronsball die Luft ausdehnt. — Durch ihre Elasticität drängt sich die Luft in alle Zwischenräume und so auch in die Poren der Körper ein, so daß fast alle Körper mehr oder weniger Luft enthalten. Das Vorhandensein dieser Luft kann man gleichfalls mit der Luftpumpe leicht zeigen. Aus Holz oder Kork, die man durch angehängte Bleigewichte im Wasser sinken macht und unter den Recipienten der Luftpumpe stellt, dringen während des Auspumpens Ströme von Luft in unzählbarer Menge, wie Dampf aus den feinen Saftgefäßen, und Blasen aus den größeren Höhlungen hervor (ebenso aus allen porösen Theilen der Pflanzen, Blätter u. s. f.), und ist das daran gehängte Gewicht nicht zu groß, so heben die Luftblasen sie zur Oberfläche empor. Setzt man dieses Auspumpen längere Zeit fort und läßt dann Luft unter den Recipienten, so wird in die Gefäße des Holzes, in denen sich vorher Luft befand, nun Wasser getrieben. Hierdurch gewinnt das Holz und der Kork so sehr an Schwere, daß sie im Wasser nicht mehr schwimmen, sondern zu Boden sinken. Man hat ein diesem Experimente ähnliches Verfahren angewendet, um Tuche beim Färben recht vollkommen durchzufärben. Legt man nämlich das Tuch in die färbende Flüssigkeit und bringt es so untergetaucht in den luftleeren Raum, so entwickelt sich alle im Tuche enthaltene Luft und nach Wiederzulassung der Luft in den Raum dringt die färbende Flüssigkeit in alle Zwischenräume, in welche sie außerdem nicht so leicht hätte gelangen können. — Wie porös und dadurch durchdringbar für die Luft nicht nur, sondern auch für

minder feine Flüssigkeiten das Holz sei, kann man auch dadurch zeigen, daß man auf die obere Oeffnung eines auf dem Teller stehenden Recipienten ein Gefäß mit Wasser oder Quecksilber stellt. Schließt dieses Gefäß fest an den Rand des Recipienten und wird exantlirt, so ergießt sich das Quecksilber oder Wasser in Gestalt eines Regens in den Recipienten. Der Druck der äußeren Luft preßt es durch das Holz. — Ein runzeliger Apfel giebt unter dem Recipienten viel Luft her und schwillt auf. Bringt man Eis, welches Bläschen enthält, unter den Recipienten, so zerplatzen beim Auspumpen die Bläschen, ein Beweis, daß sie Luft enthalten. — Setzt man gewöhnliches Wasser in einem hohen Glase unter den Recipienten, so sieht man schon bei den ersten Kolbenzügen kleine Kügelchen, wie feine Nadelspitzen, überall im Wasser zum Vorschein kommen und emporschwimmen. Diese Kügelchen werden bei den folgenden Kolbenzügen immer größer und man sieht deutlich, daß es Luftbläschen sind, welche beim Emporsteigen stärker anschwellen. Das Wasser giebt so beim Auspumpen eine außerordentliche Menge Luft, und es hält sie mit so vieler Kraft fest, daß es sich auf diese Weise nie ganz luftleer machen läßt, so lange man es auch auspumpt; dies läßt sich nur durch anhaltendes Kochen bewirken. Steht das luftentleerte Wasser an der Luft, so saugt es allmälig wieder die vorige Luftmenge in sich, wie sich zeigt, wenn man die entweichende Luft in einem umgekehrt im Wasser stehenden Glase aufgefangen hat. Salzauflösungen, Milch, Blut, Urin sollen während des Auspumpens keine oder nur wenige Luftblasen geben. Liegt ein Metall im Wasser, so überzieht sich beim Auspumpen die obere Fläche desselben ganz mit Luftbläschen, die beim Zulassen der Luft augenblicklich verschwinden. Die aufsteigenden Blasen im Wasser sind übrigens nicht bloß Luft, sondern auch Wasserdampf, so daß in der That ein Kochen bei niedriger Temperatur stattfindet. Alles Sieden ist Verwandlung einer tropfbaren Flüssigkeit in Dampf (s. d. Art.), und daß diese Verwandlung in offenen Gefäßen beim Wasser erst eintritt, wenn es eine Temperatur von 100° C. erreicht hat, davon ist der alleinige Grund der Druck der Atmosphäre, indem dieser erst überwunden wird, wenn durch die Wärme eine diesem Drucke gleichkommende oder vielmehr ihn übersteigende Spannkraft dem sich in Dampf umwandelnden Wasser ertheilt worden ist. Daher kocht auch das Wasser auf Bergen, wo der Luftdruck geringer ist, bei niederen Temperaturen. — Macht man an der Spitze eines Eies ein kleines Loch, ohne das Häutchen zu verletzen, und hängt das Ei unter dem Recipienten über ein Gefäß auf, wozu man sich einer eigenen Zange bedient, so treibt die Luft, welche sich in einem gut erhaltenen Ei an dem entgegengesetzten Ende zwischen der Schale und dem Häutchen befindet, während des Auspumpens das Eiweiß und das Dotter zu der Schale heraus und beim Einlassen der Luft ziehen sich beide wieder in die Schale zurück Nimmt man die halbe Schale weg, so soll das Häutchen so aufgeschwellt werden, daß es den ganzen Raum des Eies einnimmt.

Der Widerstand, welchen die Luft einem durch sie hindurch sich bewegenden Körper entgegensetzt, macht sich sehr vielfach merklich und hat Einfluß auf die Erscheinungen in der Natur. So ist z. B. die Luft die Ursache, weshalb Körper von verschiedener Dichte mit verschiedener Geschwindigkeit fallen, während doch das Fallen, als eine Folge der Anziehung, welche die Gesammtheit aller Massentheilchen auf jedes einzelne Massentheilchen ausübt, bei allen Körpern ganz nach denselben Gesetzen geschieht. Wirklich haben die Versuche auch bestätigt, daß im luftleeren Raume alle Körper mit gleicher Geschwindigkeit fallen.

Ueber den Widerstand der Luft läßt sich noch folgender interessante Versuch anstellen. Man bringe an zwei verschiedene Axen Flügel so wie Windmühlenflügel an, die so gestellt werden können, daß die Flügel an der einen Axe ihre breite Seite, die Flügel an der andern Axe ihre scharfe Seite dem Widerstande der Luft darbieten. Setzt man sie nun in gleich schnelle Bewegung, so kommen diejenigen, welche ihre breite Seite der Luft entgegenstellen, viel früher als die andern zur Ruhe; im luftleeren Raume dagegen kommen beide Arten von Flügeln gleichzeitig zum Stillstehen. Um die gleich schnelle Bewegung zu bewerkstelligen, kann man an jeder der beiden Axen ein kleines gezahntes Rad anbringen, in dessen Zähne die Zähne einer vertical herabgehenden Stange, die sich zwischen beiden befindet und an beiden Seiten gleiche Zähne hat, eingreift. Wird diese durch ein Gewicht herabgedrückt, dessen Einwirkung man unter der Glocke der Luftpumpe (welche eine Metallbedeckung mit hindurchgehendem Drahte hat) bis nach geschehener Exantlirung hemmen und dann augenblicklich in Thätigkeit setzen kann, so erhält man genau gleiche Drehungsbewegungen. Vorausgesetzt ist, daß sich die Flügel auf ihren Axen mit gleich geringer Reibung in den Zapfenlagern umdrehen. — Noch einfacher kann man diesen Versuch anstellen, wenn man einen Apparat von vier Flügeln hat, welche senkrecht auf einer leicht beweglichen Axe stehen, um welche sie sich drehen können, und welche so eingerichtet sind, daß sie bei der Drehung entweder ihre flache Seite oder ihre scharfe Kante der Luft entgegenstellen. An der Axe ist dann eine Stahlfeder (Uhrfeder) befestigt, welche bei der Umdrehung der Flügel mit der Hand sich umwickelt und anspannt, losgelassen aber die Flügel in eine schnelle hin- und hergehende Bewegung setzt. Man zählt die Anzahl der Schwingungen, welche die Flügel unter dem Einflusse der Feder machen. Zuerst läßt man die Flügel in der Luft schwingen, so daß sie die breite Fläche der Luft entgegensetzen. Die Luft wirkt der Kraft der Feder hemmend entgegen. Man zählt die Anzahl der Schwingungen. Hierauf läßt man die Flügel abermals in der Luft schwingen, jedoch so gestellt, daß sie bei ihrer Bewegung die Luft mit ihrer scharfen Kante durchschneiden. Zählt man abermals die Schwingungen, so wird man finden, daß jetzt die Flügel viel mehr Schwingungen machen, ehe sie zur Ruhe kommen. Der geringere Widerstand der Luft ist die Ursache dieser Erscheinung; denn die Luft leistet desto mehr Widerstand, je größer die durch sie hindurch sich bewegende Fläche ist. Die beiden Versuche stellt man jetzt im lufverdünnten Raume an. Man bringt den Apparat unter einen Recipienten, spannt die Feder und hält dieselbe zurück mit Hülfe eines Sperrhakens. Dieser Sperrhaken kann gelöst werden mit Hülfe einer unten umgebogenen Stange, welche durch eine Stopfbüchse im Deckel des Recipienten herabgeht. Nach dem Exantliren löst man den Sperrhaken und zählt die Schwingungen, welche die Flügel bei der einen und bei der anderen Stellung machen. Man wird finden, daß jetzt die Flügel in jeder Stellung nahezu gleichviele Schwingungen vollenden, ehe sie zur Ruhe kommen. Findet noch ein Unterschied statt, so rührt derselbe nur davon her, daß es nicht möglich ist, einen vollkommen luftleeren Raum herzustellen.

Die Gleichgewichtsverhältnisse werden wesentlich durch das Vorhandensein der Luft modificirt. Jeder in der Luft gewogene Körper ist um so viel schwerer, als das Gewicht der von ihm aus der Stelle gedrängten Luft beträgt. Hat man nun in der Luft zwei Körper von verschiedener Dichte ins Gleichgewicht gesetzt, so muß der dünnere ein größeres Volumen einnehmen als der dichtere, jener

drängt also ein größeres Volumen Luft aus der Stelle als dieser. Gesetzt, beide Körper wiegen in der Luft P, das Volumen Luft, welches der dichtere und kleinere aus der Stelle getrieben, wiege p, dasjenige, welches der dünnere und größere aus der Stelle getrieben, mehr, also $p + p'$, so ist das wahre Gewicht des dichteren $P - p$, das des dünnern $P - (p + p')$. Offenbar ist $P - p$ größer als $P - (p + p')$, d. h. in Wahrheit ist der kleinere schwerer als der größere. Bringt man also die beiden Körper in den luftleeren Raum, so werden sie nicht mehr im Gleichgewicht stehen, sondern es wird der dichtere und kleinere das Uebergewicht haben über den dünneren und größeren.

Die Luft ist ferner vorzugsweise die Vermittlerin zwischen den schallenden Körpern und unseren Gehörorganen. Die Luft ist ein Leiter des Schalles. Durch Versuche mit der Luftpumpe wird nachgewiesen, daß der Schall (s. d.) durch den luftleeren Raum sich nicht fortpflanzt.

Aus dem Angeführten ersieht man, wie verschieden allgemein bekannte Erscheinungen sich darstellen, wenn sie in einem Raume hervorgebracht werden, welcher von einer Luft erfüllt ist, die dünner als die uns umgebende atmosphärische Luft ist. Es wird sogleich gezeigt werden, daß einer der Bestandtheile der Luft Sauerstoffgas ist. Auch alle diejenigen Processe in der Natur, bei denen Sauerstoffgas verbraucht wird, müssen daher im luftverdünnten Raume, indem hier die geringe Quantität Sauerstoffgas (als Bestandtheil der noch übrigen Luft) bald verzehrt ist, gehemmt und endlich ganz unterbrochen werden. Daher verlischt jede Flamme und glühende Kohle im luftverdünnten Raume. Stahl giebt im luftleeren Raume an einen scharfen Stein geschlagen keine sprühenden, leuchtenden und zündenden Funken, sondern höchstens ein mattes Leuchten, weil diese Funken verbrennender (d. h. mit Sauerstoffgas sich verbindender) Stahl sind. Drückt man ein Flintenschloß im ausgepumpten Recipienten der Luftpumpe los, so entzündet sich das Schießpulver auf der Pfanne nicht. Faules Holz und faule Fische hören im luftverdünnten Raume zu leuchten auf. Der Phosphor jedoch bedarf, da er auch als Dampf leuchtet, zum Leuchten so wenig Luft, daß er auch im möglichst luftentleerten Raume nicht sogleich verlischt. Mengungen und Substanzen, welche aus sich zum Verbrennen das nöthige Sauerstoffgas entbinden, können sich auch im ausgepumpten Recipienten entzünden. Rauchender Salpetergeist, auf Kümmelöl oder Terpentinöl gegossen, giebt eine Flamme und zersprengt häufig den Recipienten in Stücke. Läßt man im möglichst luftverdünnten Raume Schießpulver auf ein glühendes Eisen fallen, so schmilzt es und es steigt Dampf auf; einzelne Körner pflegen sich zu entzünden und dann fällt die Barometerprobe; ist das Eisen recht heiß und läßt man schnell hinter einander Pulverkörner darauf fallen, so entzünden sich endlich alle und die ganze Masse explodirt, wobei der Recipient in Gefahr ist. In starker Hitze nämlich entbindet der Salpeter Sauerstoffgas aus sich, wodurch die Verbrennung möglich wird. Alle diejenigen Thiere, welche ohne Athmen nicht längere Zeit bestehen können, also namentlich die Thiere mit rothem warmem Blute kommen im luftverdünnten Raume um. Zugleich zeigen sich an den Thieren im erhöhten Grade auch noch alle diejenigen Zufälle, denen wohl auch Luftsegler und Reisende auf hohen Bergen ausgesetzt sind. Alle Gefäße werden aufgetrieben, das Blut tritt aus 2c., Alles die Folge der im Innern des Thieres der äußeren Luftverdünnung gemäß sich ausdehnenden Luft. Vögel verlieren schon nach wenigen Kolbenzügen das Leben, erwachen aber wieder, wenn man bald wieder Luft zuläßt.

Jenes ist ein Zeichen, daß die Luft der höchsten Regionen, in welche Vögel aufsteigen, noch bei weitem nicht die Dünnheit der Luft unter dem exantlirten Recipienten der Luftpumpe hat. Insecten sterben in starkverdünnter Luft erst nach mehreren Stunden und noch später eben erst geborene Thiere. Im luftverdünnten Raume lassen sich Körper, welche Feuchtigkeit enthalten (Fleisch, Früchte, Milch u. dgl.), sehr lange aufbewahren, ohne zu verderben und ohne ihren Geschmack zu verlieren, weil die Feuchtigkeit, welche sie früher verderben macht, bei der Auspumpung in Dampf verwandelt und ihnen daher entzogen wird. Auch die Wärme wird im luftleeren Raume nicht fortgeleitet, daher bleibt glühendes Eisen viel länger in ihm heiß als in der Luft. Dagegen scheint die Elektricität im luftleeren Raume in viel größeren Weiten mit sichtbarem, aber schwachem Lichte überzuströmen als in der Luft. Reines trocknes Quecksilber, das in einem solchen Raume auf eine recht reine trockne Glasglocke aus einem feinen gläsernen Trichter oder durch die Poren von Holz herabregnet (durch Reibung elektrisch wird), leuchtet im Dunkeln.

Sowie sich viele Erscheinungen in verdünnter Luft anders gestalten als in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, so ist ein Gleiches auch in verdichteter Luft der Fall. Auch zu diesen Versuchen kann man sich wenigstens gewisser Arten von Luftpumpen bedienen.

Um die Mächtigkeit des Druckes der verdichteten Luft zu zeigen, kann man eine Blase auf eine Röhre binden, welche sich anstatt des Tellers auf die Communicationsröhre schrauben läßt. Wird in dieser Blase die Luft immer mehr verdichtet, so zerplatzt sie endlich mit einem sehr heftigen Knall und die Stücke der ganz zerfetzten Blase werden weit umher geworfen. Bringt man eine mit Luft gefüllte, fest zugebundene Blase unter den Recipienten und verdichtet die sie umgebende Luft, so wird die Blase immer mehr zusammengedrückt, je weiter die Verdichtung getrieben wird. Verdünnt man die Luft im Recipienten wieder, so schwillt die Blase wieder auf. In verdichteter Luft ist der Schall stärker als in gewöhnlicher, wie man dies durch einen Versuch nachweisen kann, analog dem über den Schall in verdünnter Luft. Thiere können in einem abgeschlossenen, mit verdichteter Luft gefüllten Raume länger leben, als in einem gleich großen abgeschlossenen Raume voll atmosphärischer Luft, weil in jenem mehr Sauerstoffgas enthalten ist. Bringt man eine Wage, an welcher in atmosphärischer Luft ein kleines Stück Metall mit einem großen Stücke Kork ins Gleichgewicht gesetzt worden, in den luftverdichteten Raum, so sinkt der Kork und das Metall steigt.

Welche Beschaffenheit würde die Erdoberfläche haben, wenn sie nicht von einer atmosphärischen Hülle umgeben wäre? Sie würde zunächst kein Aufenthaltsort lebendiger Wesen sein, wenigstens nicht von der Organisation der jetzt die Erdoberfläche bevölkernden Geschöpfe. Es gäbe keinen Athmungsproceß! Nur dem Gesetze der Schwere gehorchend, nicht von Luft zum Theil getragen und gehoben, würden die Geschöpfe einer der Atmosphäre beraubten Erde nicht jene Schnellkraft der Glieder, also auch nicht die Regsamkeit der jetzigen Geschöpfe besitzen. Gefiederte Geschöpfe, welche sich über die feste Erdoberfläche zu erheben vermöchten, könnte es gar nicht geben. Langsam und schwerfällig würden die Geschöpfe auf dem Boden hinkriechen. Aber auch lautlos würde eine solche Erde sein, es fehlte ja die Trägerin des Schalles: die Luft. Es gäbe keine Sprache, es fehlte also das wichtigste

Mittel der edleren Geselligkeit, der Mittheilung der Ideen. Auch der unlebendige Theil der Schöpfung würde sich ganz anders verhalten. Die Pflanzenwelt, welche von der Luft zum Theil gehoben, getragen und genährt wird, könnte nicht gedeihen. Es gäbe keine Winde, keinen Regen, nicht Schnee, nicht Hagel, nicht Thau, keine elektrischen Gegensätze von Wolkengebilden gegen einander und gegen die Erde. Es gäbe keinen Verbrennungsproceß, keinen Oxydationsproceß an der Erdoberfläche; also starr, bewegungslos, unveränderlich wäre dieselbe, nur subtellurische Kräfte würden vielleicht noch zuweilen gewaltsame Veränderungen an der Oberfläche erzeugen, jener langsame, aber ununterbrochene Strom des Werdens und Vergehens, welcher durch die Berührung der Luft und in allen Körpern an der Erdoberfläche hervorgebracht wird, wäre aufgehoben. Auch der wärmende Einfluß der Sonnenstrahlen, die mannigfachen Wechsel der Lichterscheinungen würden wo nicht ganz verschwinden, doch nur in langweiliger Gleichförmigkeit erfolgen. Wo sich auch etwa Wärme erzeugte, da würde sich dieselbe nicht in der Weise fortzupflanzen und auszugleichen vermögen, wie durch die Luft geschieht. Auch der Stein würde schwerer lasten auf der Erdoberfläche, denn auch dieser wird ja durch die Luft um das Gewicht der von ihm aus der Stelle gedrängten Luftmasse leichter gemacht. Ueber der starren Erdrinde wölbte sich der Himmel nicht als ein blaues lichterfülltes Gewölbe, hier und da von Wolken durchzogen, die bald als finster drohende Massen mit goldigen Rändern, bald in den herrlichsten Farben prangend erscheinen, sondern als ein schwarzes Gewölbe ohne Farbe und ohne Glanz würde sich der Himmel darstellen, an welchem die Sterne bei Tage wie bei Nacht mit demselben Lichte erschienen. Die Luft ist die immer thätige Vermittlerin in dem steten großen Kreislaufe der Natur der Erde. Dumas*) hat den Gedanken geistreich, mit wissenschaftlicher Gründlichkeit dargethan, daß sich die uranfängliche Atmosphäre der Erde in drei große Antheile parcellirt hat: Luft, Pflanzenwelt und Thierwelt, unter welchen drei Massen fortwährende Auswechselungen stattfinden. Die Materie steigt von der Luft herab zu den Pflanzen, diese nähren die Thiere unter dem steten Einflusse der Luft, jedes Thier ist eine Art von Verbrennungsmaschine, durch welche wieder in die Luft zurückkehrt, was ihr von der Pflanzenwelt entzogen wurde.

Da man aus dem Barometerstande das Gewicht der atmosphärischen Luft und da man ferner das Gewicht der Luft im Verhältniß gegen Wasser und Quecksilber kennt, so würde es leicht sein, die Höhe der Atmosphäre zu berechnen, wenn dieselbe von dem Grunde bis zur äußersten Grenze eine gleichförmige Dichtigkeit besäße. Den mittleren Barometerstand zu 28 Zoll angenommen, ist nämlich das Gesammtgewicht der Atmosphäre gleich dem Gesammtgewicht eines Quecksilbermeeres, welches die ganze Erdoberfläche umfluthete und überall eine Tiefe von 28 Zoll hätte. Nennen wir h die Höhe der Atmosphäre, so müßte sich diese zur Höhe des Barometerstandes umgekehrt wie die Dichtigkeit des Quecksibers gegen die der Luft verhalten. Und da man gefunden, daß das Quecksilber 10467,5 Mal so schwer als Luft (gegen Luft = 1) ist (s. S. 470), so hätte man die Proportion $h : 28$ Zoll $= 10467,5 : 1$. Hiernach wäre $h = 28 . 10467,5$ Z. = etwa 24424 Par. F. oder etwas über 1 geogr. M. (welche = $22842\frac{1}{2}$ Par. F.).

*) Versuch einer chemischen Statik der organischen Wesen. Aus d. Franz. v. Vieweg. Leipzig 1844.

Die höchsten Bergspitzen (z. B. des Himalaya von 26340 F. Höhe) würden über sie hinausragen. Diese ganze Berechnung ist jedoch falsch, denn die Luft ist elastisch und also zusammendrückbar, ihre Dichtigkeit verhält sich wie das Gewicht, welches sie zusammendrückt. Daher müssen die untern Schichten der Atmosphäre dichter sein als die oberen, weil sie durch ihr eigenes Gewicht zusammengedrückt wird. Man kann sich die Atmosphäre vorstellen als zusammengesetzt aus einer Reihe concentrischer über einander lagernder Schichten, von denen eine jede um so dünner ist, je weiter sie vom Mittelpunkte der Erde absteht. Stellen wir uns vor, die Abtheilungen des nachfolgenden Schema's bezeichneten die einzelnen Schichten der Atmosphäre und ihre entsprechenden Höhen (h), so ergeben sich hiernach die Dichtigkeiten (d), wenn wir die der obersten = 1 setzen: 1, 2, 4, 8 u. s. w., und wenn wir die unterste = 1 setzen: 1, $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$ u. s. w.

h = 4	d = 1	d = $^1/_8$
h = 3	d = 1 + 1 = 2	d = $^1/_4$
h = 2	d = 1 + 2 + 1 = 4	d = $^1/_2$
h = 1	d = 1 + 2 + 4 + 1 = 8	d = 1

Gesetzt also, die Temperatur und die Zusammensetzung der Atmosphäre wären unveränderlich, so würden, während die Höhen der Luftschichten in arithmetischer Progression zunehmen, die entsprechenden Dichtigkeiten derselben in geometrischer Progression abnehmen. Aber die Wärme, welche sich in der Atmosphäre entwickelt, wirkt dieser regelmäßigen Ablagerung der Luft entgegen. Die Wärme dehnt alle Körper aus und namentlich auch die Luft, und da die untersten Schichten der Atmosphäre im Allgemeinen die wärmsten sind, da die Temperatur der Luft vom Boden der Atmosphäre aus bis zu ihrer Grenze abnimmt, so wirkt die Wärme gerade dem eben erläuterten Gesetze entgegen, d. h. die dem Gesetze der Elasticität gemäß dichtesten Schichten werden durch die Wärme am stärksten ausgedehnt.

Das Gesetz aber, nach welchem die Temperatur mit der Höhe abnimmt, ist noch nicht genau bekannt. In der untersten Schicht der Atmosphäre variirt dieses Gesetz, welches man durch Beobachtungen direct zu bestimmen gesucht hat, nach den Tagesstunden, nach den Jahreszeiten, nach der Beschaffenheit des Bodens und nach der geographischen Lage. So fand z. B. Humboldt bei der Zusammenstellung der Resultate zuverlässiger Beobachtungen, daß in der heißen Zone innerhalb der Grenzen von 0 bis zu 4000 Meter 1 Grad Temperaturerniedrigung auf je 187 bis 190 Meter Erhebung kam, während in der gemäßigten Zone innerhalb der Grenzen von 0 bis 2900 Meter schon auf 150 bis 170 Meter Erhebung 1° Temperaturabnahme kam und nach Beobachtungen auf Spitzbergen (also in der kalten Zone) bei einer Erhebung um 172 Meter eine Temperaturabnahme um 1° beobachtet wurde.

Bei den Untersuchungen über die Dichtigkeitsverhältnisse der Luft in den verschiedenen Höhen der Atmosphäre muß man aber auch auf den Wasserdampf Rücksicht nehmen, welcher vom Boden derselben unter dem Einflusse der Wärme in der Atmosphäre sich ausbreitet und bald zum Theil ausgeschieden, bald wieder aufgesogen wird von der atmosphärischen Luft.

Um die Höhe zu bestimmen, bis zu welcher die Atmosphäre sich erhebt, müßte man die Dichtigkeit der Luft in verschiedenen Höhen berechnen können, ohne Rück-

sicht auf die zufälligen Einflüsse und in dem Mittelzustande zwischen den durch vorübergehende Störungen erzeugten Verdichtungen und Verdünnungen. Man gelangt dahin, wenn man die Temperatur der Luft kennt, ihren Druck und die Spannung des in ihr enthaltenen Wasserdampfes; vorausgesetzt, daß die Luft im Zustande der höchsten Kälte und Dünnheit noch das Gesetz der Ausdehnung und das Mariotte'sche Gesetz (nach welchem die Räume sich umgekehrt verhalten wie die Drucke) befolgt, was noch keinesweges erwiesen ist. Um eine genaue Werthbestimmung zu haben, müßte man noch in Rechnung ziehen: erstens die Abnahme der Schwere, im Verhältniß der Erhebung in die Luft, indem die Anziehung der materiellen Theilchen von der Gesammtmasse der Erde mit der Entfernung vom Mittelpunkte abnimmt; zweitens die Veränderung der Centrifugalkraft nach Maßgabe der geogr. Breite, indem jedes einzelne Lufttheilchen sich unter dem Einflusse der Axendrehung der Erde in desto schnellerer Bewegung befindet, je weiter es von der Drehungsaxe der Erde absteht, also auch je näher bei dem Aequator, je entfernter von den Polen es sich befindet. Indeß sind diese beiden Einflüsse nur schwach und haben auf die gesuchten Werthe nur einen geringen Einfluß, weil die Höhe der Atmosphäre über dem Boden immer nur eine verhältnißmäßig sehr geringe ist im Vergleiche mit dem Halbmesser des Erdkörpers. Man sieht hieraus, daß man auf Grund des genau bekannten Gleichgewichtsgesetzes der Atmosphäre nur zu einigen Schlußfolgerungen über die Höhe der Atmosphäre gelangt. Diese Höhe ist begrenzt und kann nicht allzu beträchtlich sein. Hätte die Luft keine Ausdehnsamkeit, so würde die Grenze der Atmosphäre in denjenigen Punkten sich befinden, in denen die Centrifugalkraft mit der Schwere im Gleichgewichte steht; da aber diese Voraussetzung falsch ist, so muß ihrem Streben sich auszudehnen nothwendig durch irgend eine Kraft das Gleichgewicht gehalten werden. Diese Kraft ist für die unteren Luftschichten das Gewicht der über ihnen lastenden Luftschichten. Aber je höher man sich erhebt, desto dünner wird die Luft und auf der letzten Luftschicht lastet nichts mehr, was ihre weitere Ausdehnung hindert. Wenn nun dennoch die Atmosphäre begrenzt ist, wie aus unten zu erwähnenden Gründen unzweifelhaft ist, so können sich diese Luftschichten nicht in den Weltraum verlieren, sobald in Betracht ihrer außerordentlichen Kälte ihre physische Beschaffenheit so modificirt ist, daß sie das Streben sich noch weiter auszudehnen eingebüßt haben. Laplace hat die Nothwendigkeit dieser Bedingung nachgewiesen, Poisson hat sie specificirt, indem er gezeigt, daß das Gleichgewicht noch möglich sei bei einer beträchtlichen letzten Dichtigkeit, vorausgesetzt, daß die Flüssigkeit nicht expansibel ist. Biot endlich bezeichnet diesen Zustand der letzten nicht expansiblen atmosphärischen Schichten, indem er sagt, sie müßten wie eine nicht verdampfbare Flüssigkeit sein.

Gegen diese Annahme spricht allerdings der Umstand, daß empirisch bei keiner Luftverdünnung zuletzt ein Zustand der Unfähigkeit weiterer Expansion vorkommt. Man müßte denn einen Versuch von Faraday zu Gunsten der Ansicht, zu welcher die Nothwendigkeit der Begrenzung der Atmosphäre hindrängt, anführen wollen. Faraday*) beobachtete nämlich eine langhalsige Flasche, in welcher unten am Boden einige Tropfen Quecksilber sich befanden und an deren Stöpsel ein Goldblättchen befestigt wurde. Im Sommer, bei warmer Temperatur, die be-

---

*) Pogg. Ann. Bd. IX. S. 1. Bd. X. S. 545. — Vergl. Vogt, Geologie. Bd. I. S. 39. — Handwörterb. d. Chemie. Bd. I. S. 538.

kanntlich die Elasticität der Gase sehr erhöht, wurde das Goldblättchen gebleicht; die Quecksilberdämpfe erhoben sich demnach bis zu dem Stöpsel. Im Winter aber, wenn man die Flasche in der Kälte hielt, zeigte das Goldblättchen nicht die mindeste Veränderung. Es war mithin offenbar, daß die Quecksilberdämpfe nicht mehr bis zum Stöpsel sich erhoben, sondern eine bestimmte obere Grenze zeigten, über welche sie in der Kälte nicht hinausgingen. Der nämliche Versuch wurde in der Art wiederholt, daß man concentrirte Schwefelsäure auf den Boden des Glases goß und oben ein Zinkblättchen anbrachte. Das Resultat war dasselbe. In der Kälte erhob sich die Atmosphäre des Schwefelsäuregases nicht bis zu dem Metalle, das durchaus nicht angegriffen wurde, während es in der Wärme sogleich zerfressen wurde.

Der Quecksilberdampf ist 6,98 Mal so dicht als atmosphärische Luft und hat bei 100° C. eine Spannkraft, welche nur 0,00004 des gewöhnlichen Druckes der Atmosphäre beträgt. Er verbindet also mit einem großen specifischen Gewichte eine sehr geringe Spannkraft und hierin liegt ohne Zweifel die Ursache, weshalb sich die erwähnte Erscheinung an ihm so leicht beobachten läßt, obgleich dieselbe ohne Zweifel wenigstens allen Dämpfen eigenthümlich ist. Genauere Angaben macht Berzelius*) über die Begrenzung der Quecksilberatmosphäre. Bei 0° soll sie ganz dicht über der Oberfläche des Metalles lagern, bei 10° einige Zoll hoch über derselben und bei 20° sich bis zu 10 Zoll erheben.

Diese Beobachtungen bezogen sich jedoch nur auf eine künstliche Dampfatmosphäre, nicht auf eine begrenzte Gasatmosphäre, und es kann, genau genommen, aus ihnen nur geschlossen werden, daß auch in der Erdatmosphäre der Wasserdampf nur bis zu einer gewissen Höhe in noch (chemisch) merkbarer Dichte aufsteigen werde und daß die Temperaturverhältnisse diese Höhe in ihrem Abstande vom Mittelpunkte der Erde bedingen werden.

Aus dem Mitgetheilten sieht man, daß eine zuverlässige Bestimmung über die Höhe der Atmosphäre bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse, bei unsern Zweifeln über die Natur der Gase, über die Abnahme der Temperatur mit der Höhe, über das Verhalten des Wasserdampfes in größeren Höhen ꝛc. noch nicht möglich ist. Man muß sich daher mit ungefähren, auf gewissen Voraussetzungen gegründeten Bestimmungen, auf Berechnungen der Höhen, über welche sich die Atmosphäre nicht erheben und unter welche sie nicht sinken kann, ohne mit bekannten Erscheinungen und Gesetzen in Widerspruch zu kommen, begnügen.

Biot kam bei der Prüfung der Temperaturbeobachtungen, welche Gay-Lussac auf seiner Luftreise angestellt, zu folgenden Schlüssen**).

Beim Aufsteigen von dem Boden bis zu einer Höhe von 7000^m (die Höhe selbst wurde nach der respect. Verkürzung der Barometersäule berechnet) betrug die gesammte Temperaturabnahme 38°, 40; aber diese Abnahme vertheilte sich nicht gleichmäßig auf den ganzen Abstand. Die Geschwindigkeit der Abnahme steigerte sich in dem Verhältniß, in welchem die Höhe zunahm.

---

*) Berzelius, Lehrbuch der Chemie. Bd. I. S. 336.

**) Die Temperatur an der Oberfläche des Bodens um 9^h 40' Morgens am 29. Fructidor des J. 12 (15. September 1804) betrug 27°, 75, die Barometerhöhe 75^{cent}, 525; bei der höchsten Höhe, zu welcher der Luftballon gelangte, war die Länge der Quecksilbersäule im Barometer 32^{cent}, 88, die Temperatur 9°, 5. Die Erhebung betrug 6977^m, 4 über Paris oder 1010^m über dem Niveau des Meeres. S. Ann. de chim. T. LII. p. 75.

In der untern Schicht entspricht 1° Temperaturabnahme einer Niveaudifferenz von 196m; in einer Höhe von 6925m entspricht dieselbe Temperaturabnahme von 1° einer Niveaudifferenz von nur 165m, während die Dichte der Luft nur 0,5 und der Druck nur 0,4342 ist, diese Dichte und diesen Druck am Boden = 1 gesetzt. In 22 Stationen, in welchen Gay-Lussac die Temperatur bestimmte, nahmen die Dichtigkeiten ungleich schneller ab als die Drucke. Wenn das Verhältniß, welches in den 16 letzten Stationen stattfand, sich fortsetzte bis dahin, wo der Druck = 0, so müßte die Gesammthöhe der Atmosphäre ungefähr 23000m betragen und die Dichtigkeit der Luft an ihrer Grenze würde 0,09666 oder ungefähr $^1/_{10}$ der ursprünglichen Dichtigkeit (am Boden) sein und diese Luft müßte sich in einem Zustande befinden, welcher eine weitere Expansion nicht gestattete. Aber diese Annahme beruht auf der Voraussetzung, daß die Gesetze der Zusammendrückung und der Ausdehnung sich überall gleich bleiben, was nicht erwiesen ist. Nimmt man an, die Atmosphäre habe eine Höhe von 62300m oder etwas über 15 Lieues (etwa 8,4 geogr. M.), so würde die Dichtigkeit der letzten Schicht $^{75}/_{10000}$ der Dichtigkeit der Luft an der Oberfläche des festen Erdkörpers sein. Biot hat auch die fünf Beobachtungen von Humboldt, welche dieser im Juni 1802 auf dem Chimborasso angestellt und von denen die letzte in einer Höhe von 5879 Meter stattfand, in Betracht gezogen, sowie die 1827 von Boussingault auf dem Chimborasso und dem Antisana bis zu Höhen von 5900 und 5400m gemachten, und ist zu denselben Resultaten gelangt.

Bestimmte Beweise von der Begrenzung der Atmosphäre haben Laplace und Wollaston gegeben. Laplace *) berechnete die Grenze, bis zu welcher die Erde noch eine Atmosphäre haben kann, d. h. die Grenze, über welche hinausgehend jeder Körper wie ein Mond in 24 Stunden um die Erde sich herumbewegen müßte, wo die mit der Höhe zunehmende Centrifugalkraft der Schwere das Gleichgewicht halten würde. Die Berechnung dieser Höhe läßt sich wie folgt anstellen. Nach dem dritten Kepler'schen Gesetze verhalten sich die Quadratzahlen der Umlaufszeiten von Trabanten wie die Cubikzahlen ihrer mittleren Abstände von dem Centralkörper. Nehmen wir nun den Abstand des Mondes von dem Mittelpunkte der Erde zu 60 Erdhalbmessern, die Umlaufszeit des Mondes zu 27 Tagen an und nennen wir den Abstand, welchen wir suchen, d. h. den Abstand der Grenze, in welcher Schwere und Centrifugalkraft einander das Gleichgewicht halten, x, so haben wir, da die Umlaufszeit eines Körpers an dieser Grenze 24 Stunden = 1 Tag sein würde: $27^2 : 1 = 60^3 : x^3$. Diese Proportion giebt $x^3 = \frac{60^3}{27^2}$, woraus x = 6,66 ... gefunden wird, d. h. die gesuchte Grenze würde 6,66 Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte der Erde abstehen; die äußerste Grenze der Atmosphäre, welche überhaupt möglich, wäre in einem Abstande von 5,66 Erdhalbmessern von der festen Erdoberfläche, d. h. in einer Höhe von etwa 4865 Meilen. Andere Betrachtungen beweisen aber, daß die Grenze der Atmosphäre jedenfalls viel niedriger liegt.

Auf astronomische Beobachtungen gründet sich der Beweis Wollaston's **)

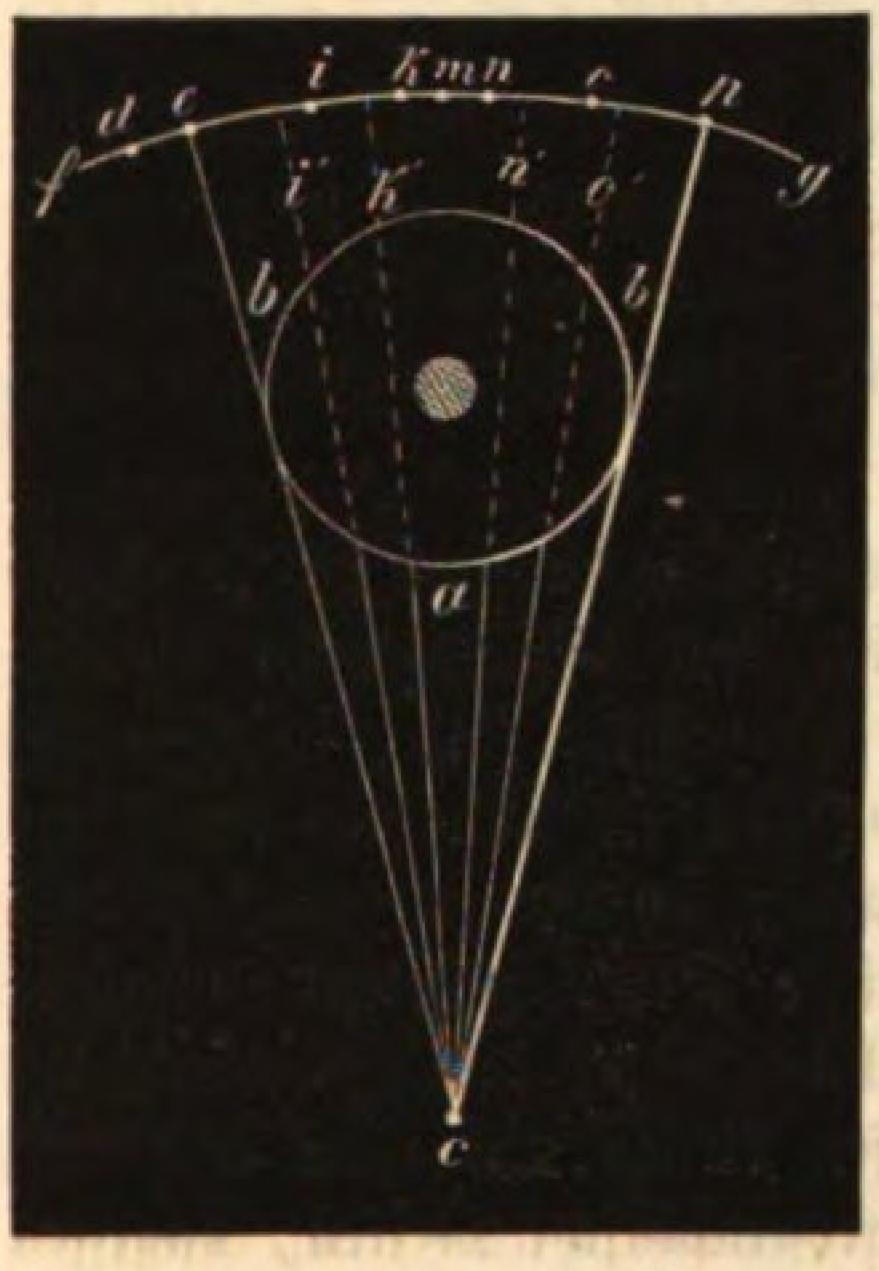
*) Exposit. du syst. du monde. Chap. X.

**) Philos. Transact. 1822. T. I. p. 89. Ann. of Philos. No. 5. T. IV. p. 251. Gilb. Ann. Bd. LXXII. S. 37. Vogt, Lehrb. d. Geologie. Bd. I. S. 40.

von der Begrenztheit der Atmosphäre. Um die Absurdität der entgegengesetzten Annahmen einer allgemeinen, den Raum erfüllenden Atmosphäre, die um jeden einzelnen Himmelskörper im Verhältniß seiner Attractionskraft verdichtet wäre, nachzuweisen, braucht man nach seinem Beispiele nur die Folgen einer solchen Annahme zu berechnen. Die Attraction steht bekanntlich im directen Verhältnisse zur Masse der Himmelskörper und man könnte daraus und aus ihren respectiven Entfernungen die Punkte berechnen, wo ein Molekel dieser allgemeinen Atmosphäre in gleichem Grade von beiden Himmelskörpern angezogen würde, und ebenso auch den Punkt, wo die Dichtigkeit der Atmosphäre des einen derjenigen, welche an der Oberfläche des andern Himmelskörpers herrscht, gleichkäme. Führt man nun zum Beispiel diese Rechnung für das Verhältniß zwischen dem Monde und der Erde aus, so zeigt es sich, daß in einer Entfernung von 8046500 Metern von der Oberfläche der Erde derjenige Punkt sich befindet, wo die Attractionskraft der Erde der Attractionskraft der Oberfläche des Mondes gleich ist. Die Atmosphäre der Erde würde demnach an dem angegebenen Punkte dieselbe Dichtigkeit besitzen, wie die Atmosphäre des Mondes unmittelbar an der Oberfläche dieses Satelliten. Nun ist aber in einer Höhe von 64000 Metern schon der Druck der Luft auf die Quecksilbersäule des Barometers nur noch einem Viertelmillimeter gleich, d. h. fast verschwunden, und da dieser Druck im Quadrate der Entfernungen abnimmt, so ist er bei einer Entfernung von 8 Millionen Metern schon längst gleich Null zu setzen. Der Mond hätte demnach gar keine, für uns merkbare Atmosphäre. Dies ist nun auch in der That der Fall mit dem Monde, an welchem man noch keine Atmosphäre hat entdecken können, da die Sterne, welche hinter ihm durchgehen, nie eine Abweichung in ihrem Laufe zeigen, was doch der Fall sein müßte, wenn eine Atmosphäre vorhanden wäre, welche die Lichtstrahlen bei ihrem Durchgange in einem gewissen Winkel bräche.

Das gleiche Raisonnement aber, welches hier bei dem gegebenen Beispiele weder für noch gegen beweist, muß sich auch auf die andern Weltkörper anwenden lassen. Die Masse der Sonne ist bekanntlich weit größer als die der Erde, ihre Anziehungskraft ungeheuer, das Gewicht der Körper an ihrer Oberfläche bedeutend größer. Ein Körper, der auf der Erde 1 Kilogramm wiegt, würde auf der Sonne etwa 28 Kilogramme wiegen. In einer Entfernung von der Oberfläche der Sonne, die etwa $5^1/_2$ Mal den Halbmesser der Sonne betragen müßte, was eine ungeheure Entfernung ist, würde die Atmosphäre der Sonne eine Dichtigkeit besitzen, welche derjenigen der Atmosphäre an der Oberfläche der Erde gleich käme. Von diesem Punkte aus bis zu der Oberfläche der Sonne hin muß die Dichtigkeit dieser Atmosphäre beständig zunehmen, und es ist leicht zu berechnen, daß noch in bedeutender Entfernung von der Sonne die Atmosphäre derselben die Dichtigkeit des Quecksilbers erlangt haben müßte. Man könnte zwar behaupten, daß die ungeheure Temperatur, welche vielleicht in der Sonne oder an ihrer Oberfläche herrscht, dieses Verhältniß herabdrücken müßte; indeß kann auch dieser Factor nicht so groß sein, daß dadurch ein bedeutender Unterschied entstehen sollte. Mit der Zunahme der Dichtigkeit einer Atmosphäre nimmt aber auch deren Brechungskraft für die Lichtstrahlen zu. Bekanntlich beträgt die brechende Kraft unserer Atmosphäre etwa einen Grad und ein Lichtstrahl, der aus dem Raume zu uns gelangt, wird etwa um einen Grad des Kreises nach innen gebrochen. Bei der Sonne müßte diese brechende Kraft, die im Verhältniß der Dichtigkeit der Atmosphäre steht, viel bedeutender

sein und daraus müßten sehr merkbare Veränderungen im scheinbaren Laufe der Gestirne entstehen, sobald diese sich der Sonne nähern. Wir können bekanntlich, mittelst dieser brechenden Kraft verschiedener Medien, Körper scheinbar in gerader Linie sehen, welche bei ungebrochenen Lichtstrahlen uns durchaus unsichtbar sind. Ein Gestirn, welches hinter der Sonne durchginge, müßte eine Zeit lang, je mehr es sich der Sonne nähert, immer langsamer und langsamer vorrücken, weil die von ihm ausgesandten Strahlen immer dichtere und dichtere Schichten der Sonnenatmosphäre durchdringen, demnach immer stärker und stärker gebrochen werden müßten, bis es plötzlich in einem bedeutenden Ruck auf die andere Seite der Sonne rückte und nun mit stets zunehmender Schnelligkeit sich von derselben zu entfernen schiene, bis es seine ursprüngliche Geschwindigkeit wieder erlangt hätte. Gesetzt, in der beifolgenden Figur sei a die Sonne, b ihre Atmosphäre von dem Punkte an, wo dieselbe so dicht ist, als die Atmosphäre der Erde, c die Erde, d ein Stern, welcher die Bahn f g zu durchlaufen hat. So lange der Stern noch in dem Punkte e steht, werden seine Lichtstrahlen ungebrochen zu uns, die wir uns auf der Erde c befinden, gelangen, wir werden ihn deshalb an seiner richtigen Stelle sehen. Ist der Stern bei i, so werden seine Lichtstrahlen durch die Sonnenatmosphäre b gebrochen, er wird deshalb scheinbar nur bei i′ zu stehen scheinen. Je weiter er bei dem Punkte k ankommt, desto mehr werden seine Lichtstrahlen gebrochen und er wird deshalb nur bei k′ zu stehen scheinen. Endlich bei m steht er in gerader Linie hinter der Sonne und ist deshalb unsichtbar. Sobald er aber auf der andern Seite bei n angekommen ist, wird sich dasselbe Phänomen wie auf der andern Seite wiederholen und er wird uns deshalb bei n′ zu stehen scheinen. Der Stern, der in derselben Zeit die gleichen Distanzen der Punkte e, i, k und n, o, p durchlaufen hat, wird scheinbar für uns in denselben Zeitabschnitten die immer kürzer werdenden Distanzen von d nach i′ k′ durchlaufen haben und dann plötzlich von dort einen Sprung nach n′ gemacht zu haben scheinen, von wo aus dann seine Bewegung successiv zunimmt, indem er scheinbar nach o′ und p zu rücken scheint, während er in der That nach o und p geht. Dies ist nun nicht der Fall in der Natur. Wollaston und später Vidal haben Beobachtungen über die Bewegung der Venus gemacht, während sie hinter der Sonne durchging. Diese Beobachtungen sind nicht leicht; der Planet ist sehr schwer zu sehen und Irrungen sind, der bedeutenden Lichtstärke der Sonne wegen, fast unvermeidlich. Indessen ist aus den Beobachtungen dieser Männer hervorgegangen, daß die Venus in der Nähe der Sonne sich ziemlich regelmäßig zu bewegen scheint und daß jedenfalls keine so bedeutenden Abweichungen sich finden, als statthaben müßten, wenn die erwähnten Verhältnisse beständen.



Wollaston hat auf die nämliche Weise die Bewegung der Monde des Jupiter betrachtet. Dieser Planet hat bekanntlich eine weit größere Masse als die Erde, und seine Anziehungskraft ist so groß, daß ein Kilogramm auf ihm $2^1/_2$ Kilogramm wiegen würde. Der Punkt, wo seine Atmosphäre gleiche Dichtigkeit

mit der Erdatmosphäre haben müßte, liegt in einer Entfernung, welche 18 mal den Halbmesser der Erde beträgt. Nun hat dieser Planet 4 Monde, die alle in sehr bestimmten Distanzen um ihn kreisen und deren Bewegung auf das genaueste bekannt ist. Hätte der Jupiter eine so bedeutende und so dichte Atmosphäre, wie ihm nach der Annahme einer allgemeinen, den Raum ausfüllenden Luft zukommen müßte, so würden beständig die größten scheinbaren Perturbationen in dem Laufe dieser Satelliten beobachtet werden müssen. Ja Wollaston hat berechnet, daß der vierte Mond in gewissen Entfernungen, wenn er genau hinter dem Jupiter steht, gar nicht durch denselben gedeckt werden würde, sondern vermöge der starken Refraction von allen Seiten gesehen werden müßte. Der vierte Mond würde in dieser Stellung, die Wollaston berechnet hat und die häufig vorkommt, wie ein runder Heiligenschein um die Scheibe des Jupiter sich darstellen. Dies ist aber nie der Fall und somit die ganze Hypothese falsch.

Es ist demnach mathematisch nachweisbar, daß alle Planeten, alle Weltkörper, bei welchen eine Dunsthülle nachgewiesen ist, und somit auch unsere Erde durchaus begrenzte Atmosphären besitzen, und daß dieselben nicht als verdichtete Zonen einer aus dem Raume stammenden, allgemeinen Atmosphäre angesehen werden können.

G. G. Schmidt *) suchte die Grenze der Atmosphäre da, wo die specifische Elasticität (Expansivkraft) der Luft mit der Schwere ins Gleichgewicht kommt. So richtig die seiner Rechnung zu Grunde gelegten Principien sind, so unzuverlässig waren, wie er selbst anerkannte, die Annahmen über die Abnahme der Temperatur mit der Höhe und folglich auch seine Resultate. Indem er von der Annahme ausging, daß jeder Erhebung um 121,1 Toisen eine Temperaturabnahme von 1⁰ R. entspreche, fand er die Höhe der Atmosphäre unter dem Aequator bei einem mittleren Barometerstande von 337,3 Pariser Linien und einer mittleren Temperatur von 22⁰,4 R. 27631 Toisen = 7,22 geographische Meilen, dagegen für die Stelle der Erdoberfläche, wo bei demselben mittleren Barometerstande die mittlere Temperatur = 0⁰ wäre: 25128 Toisen = 6,6 geogr. M. Bei einer zweiten Berechnung ging G. G. Schmidt von dem zuerst von Lambert aufgestellten Gesetze aus, daß die Wärme-Abnahmen in der Atmosphäre den jedesmaligen Temperaturen oder Spannkräften der Wärme proportional seien, und fand nun die Höhe der Atmosphäre (unter denselben Voraussetzungen über Temperatur und Barometerstand) unter dem Aequator 27,5 geogr. M., unter den Polen 27,1 geogr. M. Schmidt hielt das letztere Resultat für zuverlässiger, hauptsächlich aus dem Grunde, weil höchst wahrscheinlich die Temperaturabnahme in den höheren Regionen der Atmosphäre langsamer als in den niedrigeren erfolge. Die Erfahrung bei der Luftreise von Gay-Lussac zeigt aber gerade das Gegentheil (s. S. 483), nämlich eine schnellere Abnahme der Temperatur in den höheren Regionen als in den niederen.

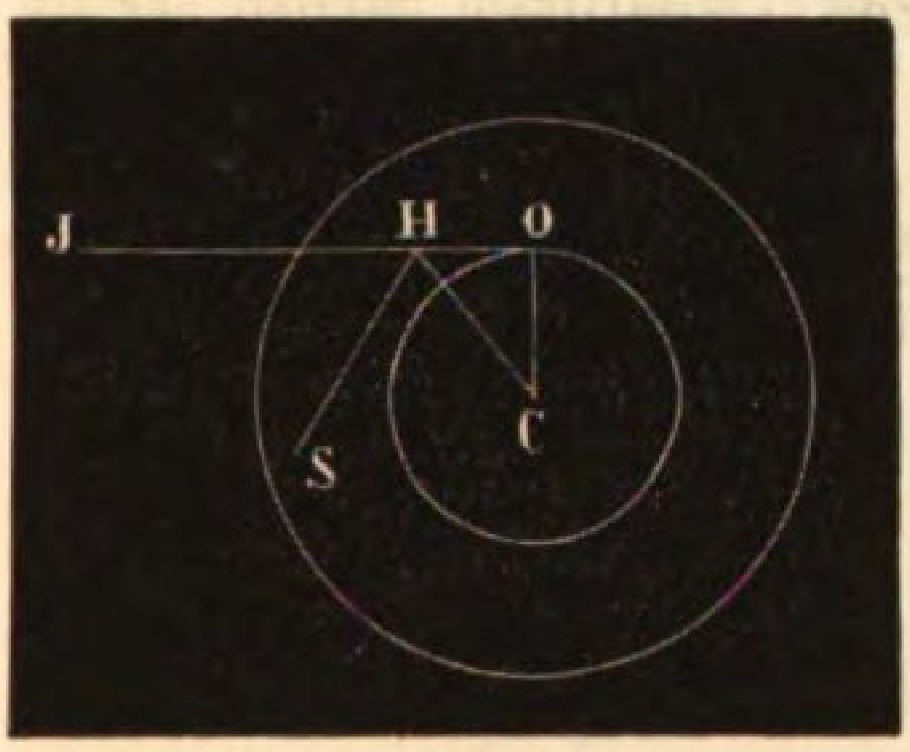
J. C. E. Schmidt**) berechnete die Höhe einer isolirten Luftsäule unter dem Aequator und unter den Polen. Er nahm an, daß die mittlere Temperatur unter dem Aequator 25⁰ C., unter den Polen 0⁰ sei, daß unter dem Aequator auf 600 F.

---

*) Gilb. Ann. Bd. LXXII. S. 309.
**) Schmidt, mathem. und phys. Geogr. Bd. II. S. 237.

und unter den Polen auf je 500 F. Erhebung eine Temperaturabnahme von 1° C. komme, und fand so die Höhe der Atmosphäre unter dem Aequator 175000 F. = 7,7 Meilen, unter den Polen 132000 F. = 5,8 Meilen.

Schon im 12. Jahrhundert suchte ein arabischer Naturforscher, Alhazen*), die Höhe der Atmosphäre auf Grund ganz anderer Betrachtungen als die bis jetzt erwähnten zu bestimmen, indem er diese Grenze dort suchte, wo die Luft eben noch dicht genug ist, um die Strahlen der Sonne zu brechen und zurückzuwerfen. Es beruht diese Untersuchung auf den Beobachtungen und Erklärungen der Dämmerung (s. d. Art.). Wenn auf der mit dem Luftkreise umgebenen Erdkugel für den Ort O die Dämmerung aufhört und der letzte Strahl der Sonne HO im Horizonte dieses Ortes zum Auge O gelangt, so steht die Sonne selbst schon 18° unter dem Horizonte JHO (vergl. d. Art. Dämmerung). Ihr letzter Strahl SH trifft also den Horizont bei H unter dem Winkel SHJ = 18° und wird von dem Lufttheilchen H, auf welchem CH senkrecht gedacht wird, so nach O reflectirt, daß SHC = CHO, wie dies die Gesetze der Zurückstrahlung erfordern. Daher ist $CHO = \frac{1}{2} SHO = \frac{1}{2} (180^\circ - SHJ) = 81^\circ$, indem SHJ angeführtermaßen = 18°, woraus der dritte Winkel C des bei O rechtwinkligen Dreiecks COH = 9° folgt. Man hat also in diesem Dreiecke $CO : CH = 1 : \sec 9^\circ$, woraus $CH = CO \sec 9^\circ$, und $CH - CO$, d. i. die Höhe des Luftkreises bis zu der angegebenen Grenze $= CO (\sec 9^\circ - 1) = 0{,}0124625.\ CO$ = nahe $\frac{1}{80}$ CO oder, wenn CO (der Erdhalbmesser) zu $859\frac{1}{2}$ geogr. M. angenommen wird, etwa 10 solcher Meilen folgt. Hierbei ist aber die Strahlenbrechung (s. d. Art.) nicht in Anschlag gebracht, welche den Winkel SHJ etwa um $\frac{1}{2}$ Grad und den Winkel C also um 15′ verkleinert; zieht man noch dies, sowie die der Natur der Sache nach überhaupt nicht vollkommene Genauigkeit der betreffenden Angaben in Betracht, so sieht man sich veranlaßt, die gesuchte Größe zwischen die Grenzen von 8 und 10 Meilen einzuschließen.



Kepler**) hat die Höhe der Atmosphäre ebenfalls auf etwa 10 geogr. M. bestimmt und Delambre***) berechnet sie auf etwas über 9,5 geogr. M. Arago †) bestimmt die größte Höhe, wo die Luft noch dicht genug ist, um das Licht der Dämmerung zu reflectiren, zu 58916 Meter = 7,92 Meilen. Die Berechnung der Höhe der Atmosphäre aus den optischen Erscheinungen ist übrigens nicht geeignet, zu Bestimmungen von deren wirklicher Grenze zu führen; denn die Luftschicht, welche nicht mehr im Stande ist, das Licht auf eine merkliche Weise zu brechen und zurückzuwerfen, braucht noch keineswegs die letzte und äußerste zu sein. Es könnte über ihr noch sehr ausgebreitete dünnere Luftschichten geben. Auch ist es nicht erwiesen, daß das zu uns gelangende Licht nur eine einzige Brechung erfahren habe.

---

*) Alhazen de crepusculis in F. Risneri thesaur. Opt. Basil. 1572. Vergl. Nürnberger, Astron. Handwörterbuch Bd. I. S. 75.

**) Epit. Astron. Franc. 1635. p. 73.

***) Astron. theor. et prat. Par. 1814. T. III. p. 337.

†) L'Institut. 7. Ann. N. 267. p. 43.

So viel geht aus den verschiedenen Betrachtungen, die wir angeführt haben, hervor, daß die Atmosphäre jedenfalls begrenzt ist, daß sie höchst wahrscheinlich nicht über 27 geogr. Meilen und nicht unter 6 geogr. Meilen hoch ist und daß wir Grund haben, ihre ungefähre Höhe zu 10 bis 12 Meilen oder zu ungefähr $^1/_{80}$ des Erdhalbmessers anzunehmen.

Um sich eine ungefähre Vorstellung von der Dünnheit der Luft in den höheren Regionen der Atmosphäre zu machen, vergleiche man folgende Bestimmungen. Die Dünnheit der Luft, welche man mit guten Luftpumpen bewirken kann, muß die Atmosphäre nach Deluc *) in einer Höhe von 7,4 Meilen haben. Hutton **) weist nach, daß die Luft in einer Höhe von 7 englischen Meilen bereits 7 mal dünner ist als an der festen Erdoberfläche. Muncke ***) berechnet eine Tabelle, nach welcher die Dünnheit der Atmosphäre gegen die Dichtigkeit derselben am Meeresspiegel bei mittlerem Barometerstande sich bestimmt wie folgt:

Höhe in geogr. Meilen	Dichte der Luft
0 oder Niveau des Meeres	1
0,5	0,645
1	0,416
2	0,172
3	0,0721
4	0,0300
5	0,0123
6	0,0052
7	0,00216
8	0,00090
9	0,000357
10	0,000156 2c.

Bei einer Höhe von 30 Meilen würde die Luft ein Viertelbillionen Mal dünner sein als an der festen Erdoberfläche. Schon Newton ****) sagte, daß in einer Höhe von 45 Meilen die Luft 75 Billionen Mal dünner sein würde als die Luft, welche wir zu athmen gewohnt sind. Es sind dies Angaben, für welche wir keine Vorstellung mehr haben.

Die Atmosphäre, welche ein Gesammtgewicht hat, das so viel beträgt, als das einer Quecksilbermasse betragen würde, welche den ganzen Erdkörper mit einer ungefähr 28 Zoll hohen Schicht umgäbe, übt, wie gezeigt worden, auf alle auf der festen Erdoberfläche befindlichen Körper einen Druck aus, und strebt durch denselben überall einzudringen, zwischen die Bestandtheilchen der Flüssigkeiten, wie in die Klüftungen der Felsen. Das Wasser enthält Luft und ebenso die Pflanzen und alle organischen Gebilde; die Erde, die porösen Steine sind mit Luft geschwängert, und zwar um so stärker, je bedeutender der Luftdruck ist. Man sieht hieraus, daß die an der Oberfläche der Erde befindliche Luft sich nicht auf den Theil beschränkt, welcher im gasförmigen Zustande in der Atmosphäre sich aufhält; ein

*) Untersuchungen über d. Atmosphäre. §. 794. Vergl. Biot astron. phys. T. I. p. 26.

**) Dict. T. I. p. 183.

***) Gehler N. A. Bd. I. S. 450.

****) Princ. III. theor. 10.

großer Theil der Luft befindet sich in den Gewässern des Meeres und überhaupt in der Oberfläche des festen Erdkörpers bis zu einer kaum bestimmbaren Tiefe. Sogar die Ansicht ist aufgestellt worden, daß die Luft der Atmosphäre nur ein Theil einer innern Atmosphäre sei, welche den Kern der Erde ausmache. Aber die Zunahme der Temperatur beim Eindringen unter die feste Erdoberfläche beweist eine innere Hitze des Erdkörpers, welche der Verdichtung der Gase entgegenwirkt, und setzt der Anwesenheit von Luft in den tiefern Schichten des Erdkörpers eine Schranke. Wäre diese innere Erdwärme nicht, so würde die Luft nach dem Mittelpunkte der Erde zu immer dichter werden, sowie sie nach der Grenze der Atmosphäre hin immer dünner wird. In welchem Maße diese Verdichtung erfolgen müßte, läßt sich nach dem Mariotte'schen Gesetze leicht berechnen. Gegen Wasser = 1 würde die Dichte der Luft folgende sein:

bei einer Tiefe von 0 Meilen	0,0013
= = = = 1 = ...	0,0033
= = = = 2 = ...	0,0084
= = = = 5 = ...	0,1386
= = = = 8 = ...	2,2833
= = = = 10 = ...	14,7846

Schon bei einer Tiefe, welche ungefähr $^1/_{86}$ des Halbmessers der Erde betrüge, würde also die Luft die Dichtigkeit des Quecksilbers haben. Es folgt hieraus mit großer Wahrscheinlichkeit nicht nur, daß die Annahme vom Vorhandensein der Luft im Innern der Erde (s. d. Art.) falsch sei, sondern auch daß das Mariotte'sche Gesetz wie in Bezug auf die Verdünnung, so auch in Bezug auf die Verdichtung eine Grenze haben müsse.

Die Masse der Luft, welche in der angegebenen Weise in den Gewässern des Oceans sich verhält, läßt sich leicht annäherungsweise bestimmen. Man leitet dieselbe ab aus den Beobachtungen, welche man über die Absorption von Gasen durch Flüssigkeiten angestellt hat. Bei dem gewöhnlichen Drucke von 76 Cent. absorbirt das Meerwasser ungefähr zwei bis drei Hunderttheile seines Volumens Luft, nur daß der Antheil des Sauerstoffs größer ist als in der gewöhnlichen Luft *). Da dieser Antheil des im Wasser enthaltenen Gases mit dem Drucke sich vermehrt, dergestalt, daß nach dem Dalton'schen Gesetze das Volumen des im Wasser enthaltenen Gases dasselbe bleibt, während seine Elasticität sich verändert, so kommt man zu der Ansicht, daß Wasser, welches in einer Tiefe von 1000 Meter geschöpft wäre und einem Drucke von 100 Atmosphären (10 M. auf 1 Atm. gerechnet) unterworfen

*) Nach einer Arbeit von Levy (Annal. de phys. et de chim. III. Sér., T. XVII. p. 5) enthält das Meerwasser an seiner Oberfläche auf 4,45 Liter im Durchschnitt 92 Cub.-Cent. Gas bei einem Drucke von 76 Cent. Dieses Gas ist im Durchschnitt ein Gemisch von 14 Cub.-Cent. Kohlensäure, 26 Sauerstoffgas und 52 Stickstoff, wozu noch ein kleiner Antheil Schwefelwasserstoff kommt; außerdem erleiden die Verhältnisse dieser Gase im Laufe des Tages Veränderungen: der Sauerstoff zeigt sich Abends etwas stärker als bei Nacht, die Kohlensäure dagegen nimmt gleichzeitig ab. Die Wirkung des Lichtes auf die organischen Materien spielt bei diesen Veränderungen die Hauptrolle. Im Allgemeinen enthält die Luft, welche im Wasser enthalten ist, 32 Antheile Sauerstoff auf 100, während in der gewöhnlichen Luft auf 100 Theile 21 Theile Sauerstoff kommen.

wäre, hundertmal so viel Gas enthalten müßte, als das Wasser an der Oberfläche des Meeres. Die Resultate einiger Beobachtungeu sind aber mit dieser Theorie im Widerspruche. Das in verschiedenen Tiefen geschöpfte Meerwasser enthält im Durchschnitt dieselbe absolute Quantität Gas. Aimé *) erklärt diese Unregelmäßigkeit, indem er annimmt, daß das absorbirte Gas, indem es zwischen den Poren der Flüssigkeit sich hindurchdrängt, von der Oberfläche bis zum Grunde sich gleichförmig verbreitet, aber das Wasser ist nur wenig zusammendrückbar und der Druck der flüssigen Bestandtheile muß also von dem Wasser selbst getragen werden. Bei dieser Annahme muß nichtsdestoweniger die Spannkraft des absorbirten Gases von der Oberfläche des Wassers bis zum Boden zunehmen, weil das Gas durch das Gewicht der oberen Gasschichten gedrückt wird; aber in Betracht der Leichtigkeit der Luft im Verhältniß zu den hier vorkommenden Tiefen kann man bei der Berechnung diese Zunahme vernachlässigen. Im Allgemeinen kann man also annehmen, daß dem Rauminhalte nach das Wasser des Oceans $\frac{2,5}{100}$ Luft enthält, also ungefähr (da das specif. Gewicht der Luft gegen Wasser = 0,0013) $\frac{2,5}{100} \cdot \frac{13}{10000}$ dem Gewicht nach $= \frac{33}{1000000}$ (oder 0,000033). Angenommen nun, die Wassermasse des Oceans sei ungefähr so groß wie 1000 Meter Wasser, welche über die ganze Erdkugel vertheilt wären, so betrüge das Gewicht der in dieser Masse enthaltenen Luft 33 Millionentheile von 1000 Met. Wasser, oder so viel wie das einer Wasserschicht von 33 Millimetern. Die im Ocean absorbirte Luft beträgt also nicht über $\frac{33}{10300}$ oder $\frac{1}{300}$ der in der Atmosphäre enthaltenen Luft **).

Die Ursache, welche die Abplattung der Erde hervorbringt, nämlich die durch die Axenumdrehung bewirkte Schwungkraft, welche am größten in der Ebene des Aequators ist, muß auf die Atmosphäre um so stärker wirken, je leichter beweglich die Bestandtheilchen derselben im Vergleich mit den Bestandtheilen der festen und tropfbar-flüssigen Erdoberfläche sind. Bei der Atmosphäre ist aber noch ein anderer Umstand von großem Einflusse, durch welchen die Erhebung derselben in der Ebene des Aequators und die Abplattung nach den Polen zu noch vermehrt werden muß. Während nämlich die Sonnenstrahlen nur auf eine sehr dünne Schicht der festen und tropfbar-flüssigen Erdoberfläche erwärmend wirken, üben sie in dieser Beziehung einen sehr großen Einfluß auf die unteren Schichten der Atmosphäre aus. Die klimatische Verschiedenheit der Aequatorialgegenden von den weiter nach den Polen zu gelegenen Gegenden beruht größtentheils auf dieser Erwärmung der unteren Schichten der Atmosphäre durch die mehr oder weniger senkrecht in sie einfallenden Sonnenstrahlen. Die Luft muß folglich in den Aequatorialgegenden durch die Wärme bedeutend ausgedehnt werden, es entsteht hier ein von unten nach oben aufsteigender Luftstrom, durch welchen die Atmosphäre in der Ebene des Aequators bedeutend gehoben werden muß. Directe Beobachtungen über die Höhe der Atmosphäre an den verschiedenen Orten der Erde, also auch über die

*) Ann. de Phys. et Chim. III. Sér. T. VII. p. 501.

**) Vergl. Becquerel physique terrestre p. 296.

Gestalt der äußeren Umgrenzung der Atmosphäre lassen sich nicht anstellen. Man könnte daran denken, daß die mittleren Barometerstände der verschiedenen Orte der festen Erdoberfläche in dieser Beziehung Aufschlüsse geben müßten. Aber man muß nicht vergessen, daß die Dünnheit der Atmosphäre zugleich mit ihrer Höhe in den Aequatorialgegenden vermehrt wird, auch vermehrt sich mit der Entfernung der Lufttheilchen von der Erde die Leichtigkeit derselben, d. h. ihre Schwere vermindert sich, und daher kann der Barometerstand zweier verschiedenen (gleich hoch über der Meeresfläche gelegenen) Orte ganz gleich, also die über diesen Orten lagernden Luftschichten gleich schwer sein, während die absolute Höhe der Atmosphäre über beiden Orten doch ganz verschieden sein kann. Nur durch theoretische Betrachtungen kann man zu einer wissenschaftlich gerechtfertigten bestimmteren Vorstellung von der Begrenzung der Atmosphäre gelangen. Laplace *) hat gezeigt, daß (wenn man nur die Schwungkraft berücksichtigt) das Axenverhältniß des Sphäroids einer mit ihrem festen Körper zugleich um dessen Axe rotirenden Atmosphäre nicht größer als 3 : 2 sein kann. Nach einer Berechnung von v. Zach **), welche auf verschiedenen nicht vollkommen gerechtfertigten Voraussetzungen beruht, würde die Excentricität der Atmosphäre $= \frac{1}{338}$ sein. Nach den oben angegebenen Berechnungen der Höhe der Atmosphäre von G. G. Schmidt ergiebt sich eine Abplattung $= \frac{1}{254}$, nach den gleichfalls angeführten Bestimmungen von J. C. Schmidt eine Abplattung $= \frac{1}{177}$.

Sowie die atmosphärische Luft ihre Dichte im geringsten verändert, oder sich über einem Orte mehr oder weniger anhäuft als zuvor, so ändert sich auch gleichzeitig der Druck, welchen dieselbe auf die von ihr umgebenen (in ihr untergetauchten) Körper ausübt. Zur Messung dieses Druckes bedient man sich verschiedener Instrumente, welche auf zwei unterschiedenen Principien beruhn. Entweder man bestimmt denselben aus der Länge einer Flüssigkeitssäule, welche durch den Druck der Atmosphäre getragen wird, sobald der Gegendruck der Atmosphäre aufgehoben wird; oder man bestimmt ihn aus dem Volumen, welches eine in ein Gefäß eingeschlossene Gasmenge einnimmt, wenn dieses Gefäß entweder vollkommen elastisch ist oder die Abschließung des in demselben eingeschlossenen Gases durch eine ohne merklichen Widerstand verschiebbare Substanz bewerkstelligt wird. Auf dem ersten Princip beruht das Barometer (s. d. Art.), auf dem zweiten beruhen verschiedene ältere und neuere Instrumente, über welche die Artikel Baroskop, Differentialbarometer, Sympiezometer, Volumbarometer handeln***). Die Säule des Quecksilberbarometers verlängert sich in Folge der Niveauveränderung, welche das Quecksilber erfährt, sobald der Luftdruck zunimmt; sie verkürzt sich, sobald der Luftdruck abnimmt. Das Barometer ist richtig gebraucht das zuverlässigste Mittel, um alle Veränderungen im Drucke der Atmosphäre zu beobachten, und man würde aus seinen Anzeigen einen sicheren Schluß auch auf die

*) Mechanik des Himmels (Uebers.) Bd. III. Cap. 7. S. 203.

**) Mon. Corr. Bd. XXI. S. 214.

***) Pogg. Ann. Bd. XXXIV. S. 30.

Ursachen und Wirkungen dieser Druckveränderungen machen können, wenn dieselben nicht so mannigfaltig wären als es der Fall ist.

Die Länge der Barometersäule verändert sich erstens, wenn man den Beobachtungsort verändert. Steigt man (z. B. in einem Luftballon) mit einem Barometer in der Atmosphäre empor, so wird das Quecksilber im Instrumente unausgesetzt sinken, und könnte man bis an die Grenze der Atmosphäre gelangen, so würde hier der Barometerstand = 0 sein, d. h. beide Niveaus des Instrumentes würden genau gleich hoch stehen. Aus dieser Veränderung des Barometerstandes kann man zuverlässige Schlüsse machen auf die Höhen oder Tiefen, zu denen man gelangt. Man rechnet die Höhen und Tiefen bekanntlich vom Meeresspiegel aus, und der Barometerstand am Spiegel des Meeres ist daher auch derjenige, welcher den auf diese Messungen sich beziehenden Barometerbeobachtungen zu Grunde gelegt wird. Ueber das hierbei zu beobachtende Verfahren wird im Artikel Höhenmessung ausführlich gehandelt.

Der Stand des Barometers ändert sich aber auch zweitens an demselben Beobachtungsorte. Im Allgemeinen entspricht zwar einem jeden Orte ein gewisser Barometerstand, welcher durch die Höhe, bis zu welcher sich die Atmosphäre über diesen Ort erhebt, bedingt ist, und diesen Barometerstand nennt man den mittleren des Ortes. Die Barometersäule ist aber in steter Beweglichkeit, erleidet fortwährende Schwankungen, bald erhebt sie sich über diesen mittleren Stand, bald sinkt sie unter denselben.

Um die mittleren Barometerstände verschiedener Orte mit einander vergleichen zu können, muß man sie auf den Meeresspiegel reduciren, d. h. man muß zu dem aus directen Beobachtungen der Barometerstände gefundenen mittleren Barometerstande eines über dem Meeresspiegel gelegenen Ortes diejenige Größe hinzuaddiren, um welche die Quecksilbersäule an diesem Orte vermöge dessen Erhebung über den Meeresspiegel herabgedrückt ist. Wenn die Grenze der Atmosphäre in allen ihren Punkten von dem Meeresspiegel (dem wirklichen oder dem fingirten unter den Erhebungen des Landes) gleichweit entfernt wäre, so müßten die mittleren Barometerstände aller Orte gleich groß sein. Da dieses aber nicht der Fall ist, so würde man aus den mittleren Barometerständen, wenn man eine hinreichende Anzahl genauer Bestimmungen derselben besäße, einen Schluß auf die Beschaffenheit (Krümmung) der Grenze der Atmosphäre machen können, vorausgesetzt, daß man die Gestalt des festen Erdkernes genau kennte. Zur richtigen Beurtheilung der Barometerstände muß man aber noch berücksichtigen, daß der Druck der Atmosphäre auch von den Mischungsverhältnissen derselben, namentlich von dem Feuchtigkeitszustande derselben abhängt, ebenso wie die Gestalt der Grenze der Atmosphäre von den Temperaturverhältnissen abhängig ist. Nun gleichen sich diese Veränderungen in der Dichte der Atmosphäre durch die Wirkung der Schwere und durch die leichte Beweglichkeit der Luft wie des Dampfes zum großen Theil wieder aus. Alle Theilchen der Atmosphäre ordnen sich mit Leichtigkeit den Gesetzen der Schwere gemäß um den festen Erdkern, und da durch Verdunstung und Wärme ihr Gleichgewicht jeden Augenblick gestört wird, so ist die Folge davon eine ununterbrochene Bewegung in der Atmosphäre, die man als fortwährendes Ringen nach Wiederherstellung des Gleichgewichts nach den Gesetzen der Schwere betrachten kann. Aber die Ausgleichung kann niemals so schnell erfolgen, daß nicht die Orte, von denen

die Bewegung fortwährend ausgeht, in ihrem mittleren Barometerstande von jenen die Dichte und Höhe der Atmosphäre bedingenden Ursachen alterirt sein sollten.

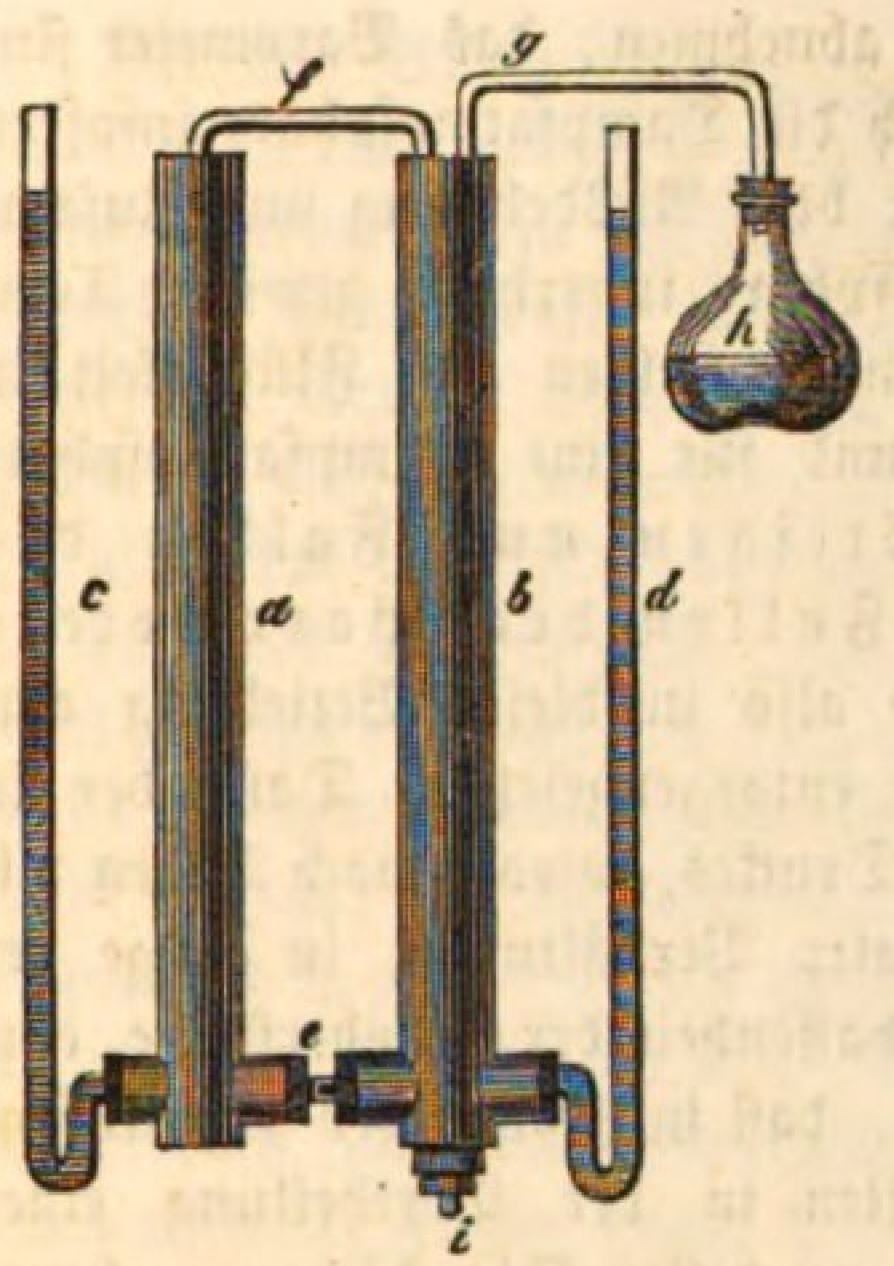
Wenn die Atmosphäre gar keinen Dampf enthielte, sondern nur aus permanenten Gasen bestände, also aus Luft, so würde der Einfluß einer localen Erwärmung derselben folgender sein. Stellen wir uns zuerst vor, die Temperatur wäre auf der ganzen Erdoberfläche eine und dieselbe und die Erde stände still. Es würde sich dann die Atmosphäre ganz allein unter dem Einflusse der Schwere rings um die feste Erdkugel ordnen, es würde vollkommene Ruhe in ihr herrschen und ihre Grenze würde überall gleich weit von der festen Erdoberfläche abstehen. Jetzt fange die Erde an, um ihre Axe sich zu drehen, alsbald würde die Atmosphäre sich um den Aequator herum erheben, in der Nähe der Pole sich abplatten. Dies würde bis zu einem gewissen Grade gehen, welcher von der Geschwindigkeit, mit welcher die Erde rotirte, abhinge, zuletzt würde die Erde mit ihrer Atmosphäre eine bestimmte sphäroidische Gestalt angenommen haben. Jetzt lasse man noch die Wirkung der Wärme hinzutreten, wie sie von einem Centralkörper, der Sonne, ausgeht, um welchen die Erde sich herumbewegt. Die Strahlen der Sonne erwärmen die Erde nicht von der Grenze der Atmosphäre aus nach innen, nach der festen Erdoberfläche zu, sondern umgekehrt, die Wärmeentwicklung geht unter dem Einflusse der Sonne von der festen Erdoberfläche aus und setzt sich bis zu einer gewissen Höhe von da nach der Grenze der Atmosphäre hin fort. Es beginnt folglich die Luft am Boden der Atmosphäre sich auszudehnen und strebt in die Höhe. Die Erwärmung der Erde durch die Sonnenstrahlen ist aber auch ungleich nach der Richtung der Sonnenstrahlen gegen die Erdoberfläche. Demgemäß erhitzt sich die Erde in ihrem weitesten Gürtel, dem Aequator, am stärksten und immer weniger nach den Polen zu. In diesem Gürtel müssen also die unteren Luftschichten sich am stärksten ausdehnen, nach oben steigen und oberwärts nach den Polen hin (zur Herstellung des Gleichgewichtes) abfließen, während unterhalb von den Seiten, von den Polen her die kälteren Lüfte nach dem Aequator hinströmen, sich hier wieder erwärmen, emporsteigen und nach den Polen hin zurückfließen. Es ist also ein ununterbrochener Kreislauf der Luft, eine fortwährende regelmäßige Bewegung der Luft im Innern der Atmosphäre die nothwendige Folge der Erwärmung eines rotirenden Körpers durch einen Centralkörper. Die Bewegung der Luft geschieht auf ganz analoge Art in jedem erwärmten Zimmer. Die erhitzte Luft steigt empor, oben in der Nähe der Decke strömt sie zu allen vorhandenen Ritzen und Oeffnungen hinaus, während unten in der Nähe des Fußbodens zu allen Ritzen und Oeffnungen die kalte Luft von außen hereinströmt. Geschähe die Erwärmung des rotirenden Körpers auf eine fortwährend durchaus gleichmäßige Weise, so müßte die Luftströmung in der Atmosphäre oberhalb nach den Polen hin, unterhalb von den Polen her (zum Aequator) in durchaus regelmäßiger Art sich fortsetzen, und demgemäß würde über jedem Orte der Erde der Luftdruck zwar ein anderer, aber doch fortwährend gleichbleibender sein. Nun aber geschieht diese Erwärmung nicht gleichförmig. Zunächst schon durch die Axendrehung wendet die Erde im Laufe eines jeden einzelnen Tages ihre verschiedenen Seiten der Sonne zu, und während die eine Hälfte der Erde (die, welche Tag hat) eben erwärmt wird, kühlt sich die andere (welche Nacht hat) ab. Dieser Wechsel muß sich in einer täglichen Periodicität der Strömungen und mithin auch des Luftdruckes über den einzelnen Orten an der Erdoberfläche

äußern; d. h. der Stand des Barometers muß sich im Laufe jedes Tages heben und senken nach einem bestimmten Gesetze. Noch mehr wird die Gleichförmigkeit der Erwärmung gestört durch die elliptische Form der Bahn, in welcher die Erde im Laufe eines Jahres um die Sonne sich herumbewegt, durch die Stellung der Sonne im Brennpunkte dieser Ellipse und durch die schiefe Stellung der Erdaxe auf dieser Bahn. Wie sich demgemäß die Erwärmungsverhältnisse jedes Ortes der Erde nach einer Jahresperiode verändern, so müssen auch die Bewegungen der Atmosphäre ungleichförmig sein in einer Weise, die ebenfalls einen periodischen (Jahres-) Wechsel erkennen läßt, d. h. der Druck der Luft muß in den verschiedenen Jahreszeiten an den verschiedenen Orten der Erde variiren, doch so, daß diese Variation nach einem bestimmten Gesetze erfolgt, welches die Beobachtungen des Barometerstandes erkennen lassen müssen.

Diese periodischen Wechsel des Barometerstandes im Laufe des Tages und im Laufe des Jahres sind denn auch durch die Beobachtung nachgewiesen worden. Die Mannigfaltigkeit in den Erscheinungen des Luftdruckes wird aber noch viel größer und verwickelter durch den Umstand, daß die locale Beschaffenheit der Erdoberfläche selbst von dem größten Einfluß auf die Wärmeentwicklung ist. Es kann also durch ein Zusammentreffen von Umständen, welches uns in den meisten Fällen als zufällig erscheinen muß, weil die Mannigfaltigkeit solcher Umstände und ihrer Combinationen zu groß für uns ist, über einem einzelnen bald größeren bald kleineren Orte der Erdoberfläche eine vorübergehende starke Erwärmung der Luft von unten nach oben stattfinden. Dann wird an diesem Orte ein aufsteigender Luftstrom sich bilden, und die Luft selbst wird in diesem Strome dünner, dabei aber mit größerer Spannkraft begabt sein als die umgebende Luft. Indem sich diese warme und dünne Luft von da aus, wo sie an kältere Luft seitwärts angrenzt, abkühlt, muß diese den Gesetzen der Schwere gemäß in sie herein sich ergießen, und so erfolgt die Abkühlung der local erwärmten Luft in der Gestalt eines Windes, dessen Richtung durch die größte Temperaturdifferenz zwischen den an einander grenzenden Luftschichten bestimmt werden wird. Indem die Luft über dem local erwärmten Orte dünner wird, muß der Luftdruck hier abnehmen und das Barometer also fallen. Hieraus folgt, daß im Allgemeinen Temperaturerhöhung, also Steigen des Thermometers, gleichzeitig mit Verdünnung der Atmosphäre, also mit Fallen des Barometers eintreten wird. Man kann dies so aussprechen. Wenn in einer Luftatmosphäre das Thermometer steigt, so fällt das Barometer und umgekehrt. Dieses Gesetz kann nur scheinbar eine Ausnahme dann erfahren, wenn bei sinkender Temperatur an einem bestimmten Orte gleichzeitig in den Umgebungen die Luft noch stärker abgekühlt wird; dann ist nämlich trotz dem Sinken des Thermometers die Luft über dem betreffenden Ort dennoch wärmer und mithin dünner als die Luft, welche an jene seitlich angrenzt, und es kann also ein Fallen des Barometers eintreten.

In Pouillet-Müller's Lehrbuch der Physik (Bd. II. S. 536) wird ein Apparat angegeben, durch welchen man die erwähnten theoretischen Betrachtungen experimental bestätigen kann.

a und b sind Blechröhren von $1^1/_2$ bis 2 Fuß Höhe, welche unten bei e durch ein Stück Thermometerrohr verbunden sind. Mit der Blechröhre a



ist die Glasröhre c, mit der Röhre b die Glasröhre d in Verbindung. Wenn man in eine der Röhren b oder a Wasser gießt, so wird dasselbe nur langsam durch die enge Röhre bei e in die andere Röhre fließen können. Wenn man beide Röhren a und b fast bis oben füllt und sie dann oben durch ein hinlänglich weites Heberrohr f in Verbindung setzt, so muß sich das Wasser in allen vier Röhren c, a, b und d gleich hoch stellen. Nun aber geht durch das Blechrohr b von oben bis unten ein unten offenes Glasrohr gi hindurch, durch welches die in dem Kolben h mittelst einer Weingeistlampe entwickelten Wasserdämpfe hindurchgeleitet werden. In unserer Figur ist der Kolben h neben die Röhre d gezeichnet worden, es ist aber besser, wenn er, was sich in der Figur nicht so gut hätte darstellen lassen, hinter d sich befindet. Da das Rohr gi mit kaltem Wasser umgeben ist, so werden die durchstreichenden Dämpfe verdichtet und das Wasser in b wird erwärmt. Wenn nun zwischen a und b gar keine Verbindung wäre, so würde die Wassersäule in b steigen, ohne daß das Wasser in d steigt, weil b erwärmt wird, d aber kalt bleibt; weil aber die Röhren b und a oben durch die Heberröhre f verbunden sind, so kann das Wasser in b nicht höher stehen als in a, ein Theil des in b erwärmten Wassers fließt nach a über, und in Folge dessen sinkt das Wasser in d, in c aber steigt es, weil zu dem schon in a vorhandenen Wasser noch neues durch den Heber f hinzukommt.

Wäre e eine hinlänglich weite Röhre, so würde das Wasser in allen vier Röhren stets gleich hoch bleiben, weil in dem Maße, als warmes Wasser durch f nach a fließt, unten umgekehrt kaltes Wasser durch e nach b fließen, weil sich also das gestörte Gleichgewicht in jedem Augenblicke wieder herstellen würde; dies ist aber nicht möglich, weil die Röhre e zu eng ist. Ebenso wird in erkalteten Gegenden der Luftdruck zu-, in erwärmten abnehmen, weil die Luft in den unteren Regionen nicht schnell genug der erwärmten Gegend zuströmen kann, um das gestörte Gleichgewicht sogleich wieder herzustellen.

Wir gingen bei der ganzen theoretischen Betrachtung bisher von der Annahme aus, daß die Atmosphäre nur aus Luft bestehe. Unter dem Einflusse der Wärme umgürtet sich aber die Erde auch noch mit einer Dampfatmosphäre, welche durch die Luftatmosphäre hindurch sich ausbreitet. Nehmen wir einen Augenblick an, die Luftatmosphäre sei gar nicht vorhanden, so werden wir das Verhalten der Dampfatmosphäre desto besser zu übersehen vermögen. Die an der Erdoberfläche verbreiteten Flüssigkeiten verwandeln sich unter dem Einflusse der Wärme zum Theil in Dampf. Je wärmer es ist, desto mehr erhebt sich Dampf über die feste Erdoberfläche. Wäre erst weder eine Luftatmosphäre noch auch eine Dampfatmosphäre vorhanden, so müßte der Druck über den einzelnen Orten der Erdoberfläche = 0 sein; sowie sich Dampf mehr und mehr entwickelt, müßte dieser Druck sich mehr und mehr einstellen, ein Barometer würde diesen Druck anzeigen. Je wärmer es würde, desto mehr Dampf müßte sich bilden, desto höher müßte das Barometer steigen; kühlt sich dann die Erde wieder ab, so würde der Dampf sich wieder zum

Theil in Flüssigkeit verwandeln, der Druck würde abnehmen, das Barometer sinken. In Bezug auf die Bewegungen also würde sich die Dampfatmosphäre insofern anders als die Luftatmosphäre verhalten, als nicht bloß Ausdehnung und Zusammenziehung der Dampfatmosphäre in der Luftatmosphäre innerhalb gewisser Temperaturgrenzen erfolgte, sondern auch Umwandlung derselben aus Flüssigkeit in Dampf und wieder aus Dampf in Flüssigkeit; und für eine Dampfatmosphäre würde im Allgemeinen das Gesetz gelten, daß Steigen und Fallen des Thermometers auch mit Steigen und Fallen des Barometers verbunden sein würde. Es verhalten sich also in dieser Beziehung eine Luftatmosphäre und eine Dampfatmosphäre gerade entgegengesetzt. Daß aber in einer Dampfatmosphäre auch eine Periodicität des Druckes, sowohl nach Tagen wie nach Jahren, und besonders auch ein Einfluß localer Verhältnisse, in Folge der ungleichen Wärmeentwicklung und der localen Beschaffenheit der Erdoberfläche, eintreten müsse, ist offenbar. Auch dies leuchtet ein, daß in Folge der eigenthümlichen Natur des Dampfes die Ungleichförmigkeiten in der Vertheilung einer Dampfatmosphäre um einen sphäroidischen Körper, an dessen Oberfläche ungeheure Wassermassen und große Landstrecken abwechseln, viel größer sein müssen als die Ungleichförmigkeiten einer Gasatmosphäre um einen solchen Körper. Wir werden auf die Eigenthümlichkeiten der Dampfatmosphäre noch ausführlicher zu sprechen kommen.

Die Wahrheit ist nun, daß die Erde zugleich eine Luft- (Gas-) Atmosphäre und eine Dampfatmosphäre besitzt, daß beide zusammenwirken, um einen gemeinsamen Druck auf die feste und flüssige Erdoberfläche auszuüben, und daß der Barometerstand dem Gesammtdrucke beider Atmosphären entspricht. Die Erscheinung der Barometerschwankungen muß nun dadurch außerordentlich complicirt, ihre genügende Erklärung schwierig werden, daß, wie wir gesehen haben, die auf beide Atmosphären wirkende Wärme zum Theil gerade die entgegengesetzten Wirkungen in beiden Atmosphären hervorbringt. Steigt die Temperatur, so wird im Allgemeinen der Druck der Dampfatmosphäre größer und gleichzeitig der Druck der Luftatmosphäre schwächer; fällt sie, so wird der Druck der Dampfatmosphäre schwächer, der der Luftatmosphäre stärker. Je nach der geographischen Lage eines Ortes und nach seiner localen Beschaffenheit, namentlich in Hinsicht auf die Gegenwart oder den Mangel großer Wasseransammlungen, kann also bald die Luftatmosphäre über die Dampfatmosphäre, bald diese über jene den Sieg in der Wirkung auf das Barometer davon tragen, bald auch können die einander widersprechenden Wirkungen beider Atmosphären sich so compensiren, daß keine merkliche Veränderung des Barometerstandes erfolgt, während doch die Druckverhältnisse der beiden Atmosphären sich gänzlich verändert haben.

Indem ich nun im Folgenden zur Darlegung der Beobachtungen übergehe, durch welche das Gesagte seine vollständige Bestätigung und nähere Bestimmung erhält, mache ich darauf aufmerksam, daß man früher auf das verschiedene Verhalten der Dampfatmosphäre von der Luftatmosphäre nicht geachtet hatte, daß es überhaupt noch an einem Instrumente fehlt, welches das Verhalten der Dampfatmosphäre mit derselben Leichtigkeit beobachten läßt, wie das Barometer den Luftdruck im Allgemeinen, und daß man aus diesen Gründen überhaupt zu einem bestimmten durchgreifenden Ueberblick über die Vertheilung der Druckverhältnisse der Atmosphäre und deren periodische Wechsel noch nicht hat gelangen können.

Bei den Veränderungen des Quecksilberstandes im Barometer bemerkt man eine gewisse Regelmäßigkeit des Steigens und Fallens, zunächst so, daß das Barometer zu gewissen Stunden des Tages einen höchsten, in andern einen niedrigsten Stand hat. Wird der Stand eines Barometers längere Zeit von Stunde zu Stunde beobachtet und sodann das Mittel aller zu derselben Stunde gefundenen Höhen genommen, so zeigt sich im Laufe des Tages eine regelmäßige Bewegung des Quecksilbers; dieses sind die täglichen periodischen Schwankungen des Barometers. Um 4 h.*) hat das Barometer seinen niedrigsten Stand, steigt von nun bis 10 h., wo es seinen höchsten Stand erreicht hat, sinkt von da bis zum folgenden Morgen um 16 h., wo es wiederum einen niedrigsten Stand erreicht; von da steigt es wieder bis gegen 22 h. und sinkt endlich wiederum bis gegen 4 h.; so daß also zweimal um 10 h. und 22 h. ein höchster, und zweimal um 4 h. und um 16 h. ein niedrigster Stand des Barometers eintritt. Die Stunden, in denen ein Uebergang vom Fallen zum Steigen oder vom Steigen zum Fallen eintritt, heißen (nach Humboldt) **) Wendestunden.

Von dieser Erscheinung soll nach Brewster ***) zuerst im Jahr 1666 Beale gesprochen haben. Derselbe bemerkte, daß sowohl im Sommer als im Winter das Barometer am Abend und Morgen höher, als am Mittage stehe. Bestimmte Nachrichten von diesen Schwankungen gab zuerst im Jahr 1722 ein unbekannter holländischer Beobachter aus Surinam mit ziemlich genauer Bestimmung der vier Wendestunden ****). Als im Jahr 1735 Bouguer, la Condamine und Godin nach America gingen, wußten sie wahrscheinlich von diesen Schwankungen nichts, und gaben daher Godin für den Entdecker derselben aus †), welches seitdem auch ziemlich allgemein angenommen worden ist. Seitdem ist die Erscheinung vielfach beobachtet worden. Chiminello ††) bewies zuerst, daß diese periodischen Schwankungen des Barometers auch in Europa stattfänden. Nach den Beobachtungen, welche er in den Jahren 1778, 1779 und 1780 zu Padua gemacht hatte, bestimmte er die Wendestunden fast ebenso, wie man sie zwischen den Wendekreisen gefunden hatte. Auch geht aus seinen Beobachtungen schon hervor, daß die Zeit des Eintrittes der Wendestunden von den Jahreszeiten abhängig sei, wovon später mehr die Rede sein wird. Besonders genaue Beobachtungen zu Auffindung der Wendestunden hat Humboldt †††) in Cumana angestellt. Er bestimmte dieselben auf 4 h., 11 h., 16 h. und 21 h. Durch Humboldt angeregt haben sich sehr viele Physiker mit Beobachtung der Wendestunden beschäftigt.

---

*) Die Stunden von Mittag zu Mittag = 0 h. an gerechnet.

**) Humboldt, Voyage T. X. p. 387.

***) Edinb. Journ. of sc. II. p. 335. T. IV. p. 390. Phil. Trans. N. 9. p. 153.

****) Humboldt a. a. O. p. 369. Journal lit. de la Haye 1722. p. 234.

†) Bouguer, Figure de la terre. p. 39 und Condamine, Voy. à l'equateur. p. 50. 109. u. Voy. à la riv. des amazones p. 23.

††) Ephem. Soc. Met. Pal. 1784. p. 230. Schweigger Jahrb. N. R. Bd. XVII. S. 154.

†††) Tableau physique p. 90. Humboldt, Voyage T. 330 ff. Schweigger, Jahrb. N. R. Bd. XVI. S. 438.

Kämtz *) hat diese Beobachtungen geprüft und mit seinen eigenen vieljährigen Beobachtungen in Halle verglichen. Wenn man das Phänomen in verschiedenen Gegenden der Erde betrachtet, so zeigt sich eine große Abhängigkeit desselben von der geographischen Lage. Während am Aequator der Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum sehr auffallend hervortritt, und Beobachtungen eines einzigen Tages genügen, die Existenz dieser Schwankung deutlich zu erkennen, ist in der Mitte von Deutschland ein längerer Zeitraum dazu erforderlich. Nicht bloß sind diese täglichen Veränderungen weit geringer, sondern sie werden so sehr von den unregelmäßigen Schwankungen verdeckt, daß sie an einzelnen Tagen nur selten auffallen. Wenn man jedoch die Beobachtungen während eines Monates anstellt, so zeigt das Mittel der Messungen diese Oscillation ziemlich deutlich. Kämtz **) theilt folgende Tabelle der wichtigsten (zum Theil durch Interpolation für die Nachtstunden) Beobachtungen über den Gang des Barometers während eines Tages unter verschiedenen Breiten mit

*) Kämtz, Vorlesungen über Meteor. S. 286.
**) A. a. O. Ausführlicher in seiner Meteorologie. Bd. II. S. 254 ff.

	Großer Ocean	Cumana	la Guayra	Calcutta	Padua	Halle	Abo	Petersburg
Breite	0	10° 28′ N.	10° 36′ N.	22° 35′ N.	45° 24′ N.	51° 29′ N.	60° 57′ N.	59° 56′ N.
Beobachter	Horner *)	Humboldt **)	Boussing. ***)	Balfour †)	Chiminello ††)	Kämtz	Hällström†††)	Kupffer
Mittag	333‴,514	335‴,384	336‴,644	336‴,731	335‴,583	333‴,927	336‴,598	336‴,671
1 h.	3,296	5,123	6,420	6,559	5,511	3,854	6,587	
2	3,154	4,898	6,199	6,191	5,430	3,798	6,580	6,632
3	2,985	4,753	6,071	6,068	5,372	3,755	6,572	
4	2,924	4,674	6,041	5,978	5,341	3,732	6,572	6,603
5	3,053	4,753	6,060	5,989	5,335	3,737	6,578	
6	3,225	4,876	6,194	6,022	5,356	3,761	6,590	6,598
7	3,320	5,052	6,417	6,026	5,414	3,815	6,612	
8	3,510	5,225	6,543	6,259	5,485	3,866	6,634	6,603
9	3,686	5,395	6,765	6,563	5,542	3,910	6,654	
10	3,733	5,519	6,874	6,608	5,583	3,937	6,670	6,621
11	3,733	5,645	6,899	6,506	5,585	3,931	6,669	
12	3,560	5,514	6,746	6,371	5,578	3,904	6,643	6,617
13	3,443	5,365	6,616	6,293	5,531	3,865	6,607	
14	3,256	5,224	6,484	6,270	5,503	3,825	6,567	6,603
15	3,189	5,083	6,377	6,236	5,478	3,799	6,523	
16	3,054	4,985	6,318	6,225	5,460	3,795	6,492	6,604
17	3,199	5,041	6,394	6,214	5,463	3,817	6,476	
18	3,338	5,213	6,603	6,327	5,483	3,859	6,478	6,636
19	3,564	5,390	6,879	6,529	5,523	3,912	6,495	
20	3,775	5,563	7,122	6,855	5,580	3,965	6,526	6,777
21	3,870	5,716	7,185	6,956	5,615	3,999	6,554	
22	3,864	5,718	7,121	6,990	5,638	4,010	6,587	6,668
23	3,712	5,577	6,896	6,945	5,607	3,982	6,605	

*) Horner und Langsdorff, Krusensterns Reise Bd. S. 154 vom 1. Mai bis 3. Juni, zw. 9° 8′ S. u. 10° 0′ N. stündlich beobachtet.
**) Humboldt, Voyage T. X. p. 334.
***) Boussingault und Rivers bei Humboldt, Voyage. T. X. p. 339.
†) Balfour, Farquhar und Pearce in Asiat. res. T. IV. p. 190.
††) Chiminello in Ephem. Soc. Met. Palat. 1784. p. 230.
†††) Hällström in Pogg. Ann. Bd. VIII. S. 443.

Die hier zusammengestellten Orte gehören den verschiedensten geographischen Breiten an. Man sieht bei genauerer Prüfung der Angaben, daß der Luftdruck an allen diesen Orten in analoger Weise während eines Tages sich ändert. Er nimmt von Mittag an ab, ist am geringsten zwischen 3 und 5 Uhr Abends, nimmt dann wieder zu bis zwischen 9 und 11 Uhr Abends, sinkt hierauf wieder bis gegen 4 Uhr Morgens und steigt endlich abermals bis gegen 10 Uhr Morgens. Es giebt also überall im Laufe jedes Tages vier Wendestunden, zwei Maxima (höchste Barometerstunden) und zwei Minima (niedrigste Barometerstunden). In nachfolgender Tabelle hat Kämtz *) diese vier Wendestunden nach Stunden von Mittag zu Mittag und Decimaltheilen der Stunden für eine Reihe von Orten zusammengestellt.

Ort	Breite	Min.	Max.	Min.	Max.	Beobachter
Großer Ocean .	0	3^h,91	10^h,02	15^h,66	21^h,55	Horner
Popayan. . .	2. 26 N.	3,98	10,13	15,84	21,71	Caldas
Ibague . . .	4. 28 N.	3,87	9,97	15,68	21,54	v. Humboldt
Sta Fé de Bogota	4. 36 N.	4,01	10,05	15,73	21,52	Boussingault
Payta . . .	5. 6 S.	3,82	11,04	15,70	20,60	Freycinet
Sierra Leone .	8. 30 N.	4,12	10,38	16,06	21,81	Sabine
Cumana. . .	10. 28 N.	4,26	10,58	15,97	21,68	v. Humboldt
Carracas . .	10. 31 N.	4,07	10,37	15,77	21,59	v. Humboldt
la Guayra . .	10. 36 N.	4,00	10,23	15,41	21,24	Boussingault
Callao. . . .	12. 3 S.	3,70	9,77	15,42	21,40	v. Humboldt
Lima. . . .	12. 3 S.	3,37	9,81	15,33	20,93	v. Humboldt
Madras . . .	13. 4 N.	5,38	10,07	16,10	22,12	Goldingham
Chittledroog .	14. 11 N.	4,00	10,28	16,47	22,13	Kater
Großer Ocean .	16⁰ S.	4,15	10,31	15,97	21,70	Horner
Taïti. . . .	17. 29 S.	3,72	9,43	14,97	21,18	Simonoff
Großer Ocean .	18. N.	3,97	10,31	15,64	21,37	Horner
Mexico . . .	19. 26 N.	3,62	11,15	15,40	20,17	v. Humboldt
Calcutta. . .	22. 35 N.	4,67	10,45	15,42	21,84	Balfour
Rio Janeiro .	22. 54 S.	3,92	9,88	15,75	21,76	Dorta
Cairo . . .	30. 2 N.	4,00	10,75	15,92	21,19	Coutelle
Padua . . .	45. 24 N.	4,39	10,59	16,16	21,96	Chiminello
München . .	48. 8 N.	4,04	10,03	16,07	22,13	v. Yelin
Halle . . .	51. 29 N.	4,20	10,18	15,37	21,50	Kämtz
Åbo	60. 27 N.	4,05	10,15	17,38	23,87	Hällström

Hieraus geht hervor, daß die Wendestunden nicht von den Breiten abhängig sind, da die Wendestunden in Halle fast zu derselben Zeit eintreten, als nach den Messungen von Horner und Langsdorf in der Nähe des Aequators. Nur Payta, Mexico und Åbo zeigen bedeutende Abweichungen. Wenn man diese vernachlässigt, so ergeben sich als Mittel der Beobachtung

*) Lehrbuch der Meteorologie. Bd. II. S. 263.

Ein Minimum um 4 h,09 = 4h. 5′
" Maximum " 10,18 = 10. 11
" Minimum " 15,75 = 15. 45
" Maximum " 21,62 = 21. 37

Wenn man daher durch wenige Messungen die periodischen Schwankungen des Barometers kennen lernen will, so würde es am passendsten sein, um 4 h., 10 h., 16 h. und 22 h. (4 Uhr und 10 Uhr Morgens und Abends) zu beobachten.

Es ist schon bemerkt worden, wie aus Chiminello's Beobachtungen hervorgeht, daß eine Verrückung der Wendestunden nach den verschiedenen Jahreszeiten stattfinde. Zuerst machte Ramond *) darauf aufmerksam, daß das Maximum am Morgen und das Minimum am Abende im Winter näher am Mittage lägen, als im Sommer. Aus den Beobachtungen von Chiminello ergiebt sich (nach Kämtz a. a. O.) folgende Abweichung der Wendestunden:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Minimum	3^h 5′	5^h 7′	5^h 18′	5^h 4′
Maximum	9. 58.	11. 21.	11. 56.	11. 22.
Minimum	16. 50.	16. 6.	16. 8.	16. 14.
Maximum	22. 5.	21. 58.	21. 58.	22. 7.

Auf den Grund mehr als zehnjähriger Beobachtungen in Halle (51½ Gr. n. Br.) bestimmt Kämtz **) die Wendestunden für die einzelnen Monate des Jahres (nach Stunden und deren Decimaltheilen) wie folgt:

Monat	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Januar	2^h,81	9^h,17	16^h,91	21^h,91
Februar	3,43	9,46	15,86	21,66
März	3,82	9,80	15,87	22,10
April	4,46	10,27	15,53	21,53
Mai	5,43	10,93	15,03	21,13
Junius	5,20	10,93	14,83	20,73
Julius	5,21	11,04	15,04	20,48
August	4,86	10,66	15,06	20,96
September . . .	4,55	10,45	15,45	21,71
October	4,17	10,24	15,97	22,07
November . . .	3,52	9,85	16,68	22,08
December	3,16	9,11	16,91	22,18

Man sieht: während im Winter das erste Minimum um 3 Uhr eintritt, wird dasselbe im Sommer erst nach 5 Uhr erreicht; während das erste Maximum im Winter zwischen 9 und 10 Uhr eintritt, findet es im Sommer gegen 11 Uhr statt; während das zweite Minimum im Winter gegen 17 Uhr fällt, findet man es im Sommer gegen 15 Uhr; während endlich das zweite Maximum im Winter der Stunde 22 entspricht, stellt es sich im Sommer vor 21 Uhr ein. Abends und

*) Mém. de l'Inst. pour 1808. p. 103.
**) Vorlesungen über Meteor. S. 289.

Morgens also fallen die Wendestunden im Winter um ein bis zwei Stunden näher an Mittag als im Sommer.

Die Größe der täglichen Schwankung des Barometerstandes wird man im Allgemeinen finden, wenn man den niedrigsten Barometerstand eines Tages von dem höchsten desselben Tages abzieht. Will man aber zu allgemeinen Bestimmungen kommen, welche einen Vergleich dieser Schwankungen in verschiedenen Orten erlauben, so muß man dabei möglichst von den unregelmäßigen Schwankungen absehen. Aus den Bestimmungen für den Stand des Barometers in dem Maximum und Minimum lassen sich solche Bestimmungen der Größe der täglichen Schwankung ableiten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die beiden Extreme des Morgens weiter von einander abstehen, als die des Abends. Bouvard bestimmt diese Differenz für Paris aus den Beobachtungen von 1806 bis 1826 im Mittel wie folgt: der Unterschied des Maximums und Minimums des Barometers beträgt am Morgen 0,756, am Abend 0,373 Mill., wenn die mittlere Barometerhöhe zu 756 Mill. angenommen wird. Nach Humboldt soll man den Barometerstand des Minimums am Abend von dem des Maximums am Morgen abziehen, auf die beiden nicht erwähnten Wendestunden also gar keine Rücksicht nehmen.

Folgende von Forbes *) entworfene, von Poggendorff **) vervollständigte Tafel enthält die Resultate der Beobachtungen, die aber um so weniger den Gegenstand zu erledigen geeignet sind als dieselben wie man sieht zum Theil nur nach sehr kurzen Beobachtungsfristen und ohne Rücksicht auf die Jahreszeiten gemacht sind.

Orte	Geographische Breite	Höhe über dem Meere Meter	Unterschied zwischen 1. Maxim. u. 1. Minim. Millimeter	Dauer der Beobachtungszeit T...Tag M...Monat J...Jahr	Beobachter
Offak . . .	0° 2′	10	2,93	3 T.	Duperrey
Rawak . .	0 2	10	2,61	4 T.	Freycinet
Quito . .	0 14	2907	2,25		La Condamine
Antisana . .	0 33	4093	0,97	1 T.	Humboldt
Popayan . .	2 26	1776	2,07	4 T.	Caldas
St. Louis Marahon . .	2 30	10	3,79	1 J.	Purera
Ibagué . .	4 28	1370	2,59	3 T.	Humboldt
St. Fé de Bogota	4 36	2660	2,10	19 M.	Caldas
„ „			2,30	. . . . .	Boussingault
Payta . . .	5 6	10	2,66	5 T.	Duperrey
Ascension . .	7 55	10	2,43	3 T.	dito
Coupang . .	10 9	10	2,96	9 T.	Freycinet
Cumana . .	10 28	10	2,55	12 T.	Humboldt
Caracas . .	10 31	936	2,70	11 T.	dito
Guayra . .	10 36	10	2,75	11 T.	dito
Lima . . .	12 3	166	2,77	4 T.	dito
Callao . .	12 3	10	2,22	3 T.	dito
O-Taïti . .	17 29	10	2,15	7 T.	Simonoff

*) Edinb. Journ. of Science N. S. T. VI. p. 272.

**) Handwörterbuch der Chemie Bd. I. S. 547.

Orte	Geographische Breite	Höhe über dem Meere Meter	Unterschied zwischen 1. Maxim. u. 1. Minim. Millimeter	Dauer der Beobachtungszeit T... Tag M... Monat J... Jahr	Beobachter
Mexico . .	19° 26′	2231	1,80	3 T.	Humboldt
Isle de France.	20 10	10	1,72	20 T.	Freycinet
„ „			1,92	4 T.	Duperrey
Rio Janeiro .	22 54	10	2,58	2 T.	Freycinet
„ „			2,33	1 J.	Dorta
Berhampoor .	24 4		2,23	3 J.	Russell
Benares . .	25 30		2,69	3 J.	Prinsep.
Cairo . . .	30 3		1,89	25 T.	Coutelle
Port Jackson.	33 51	10	1,71	19 T.	Freycinet
Marseille . .	43 17	46	0,83	5 J.	Gambart
Toulouse . .	43 36	156	1,00	4 J.	Marqué Viktor
Nismes . .	43 50	65	0,98	1 J.	Valz
Alais . . .	44 7	132	0,99	3 J.	D'Hombre Firmas
Orange . .	44 8		0,85	5 J.	Gasparin
Chambery .	45 34	267	1,00	18 M.	Billiet
Gr. Bernhard	45 42	2491	0,046	5 J.	
Clermond-Ferrand . .	45 46	410	0,94	7 J.	Ramond
Genf . .	46 12	407	0,74	3 J.	
Bevers . .	46 34	1657	0,45		
Bern . . .	46 57	532	0,90	10 J.	Fueter
Zürich . . .	47 22	405	0,88	1 J.	Horner
St. Gallen .	47 26	635	0,56	1 J.	
Straßburg .	48 35	150	0,88	12 J.	Herrenschneider
Paris . . .	48 50	65	0,76	12 J.	Bouvard
Dieppe . .	49 49	154	0,49	8 J.	Nell de Bréauté
Maestricht . .	50 51	52	0,57	9 J.	Crahay
London . .	51 29	30	0,57	1 J.	
Port Famin .	53 38		0,21	6 M.	King
Königsberg .	54 42	30	0,20	8 J.	Sommer
Apenrade . .	55 3	11	0,26	2 J.	Steuber
Edinburg . .	55 50	125	0,28	3 J.	Forbes
Christiania .	59 54		0,55	3 J.	Hansteen

Einige Meteorologen haben zwar alle vier Wendestunden berücksichtigt, aber nur um den niedrigsten von dem höchsten Barometerstande, welche diesen Stunden entsprechen, abzuziehen. Ohne Zweifel ist das beste Verfahren das von Kämtz *) vorgeschlagene und beobachtete. Man nimmt das Mittel der beiden Maxima und ebenso das der beiden Minima und zieht dieses von jenem ab. Die so gefundene Größe nannte Kämtz die mittlere tägliche Oscillation. Kämtz bemerkt, daß allerdings hierbei der Uebelstand eintrete, daß nur sehr wenige Beobachter den Barometerstand zur Zeit des Minimums am Morgen durch directe Messungen bestimmt hätten, daß aber, wenn es sich um die mittleren Verhältnisse eines längeren Zeitraumes handle, diese Aenderungen im Verlaufe des Tages einen so einfachen und regelmäßigen Gang zeigen, daß man im Stande sei, diese fehlende

*) Lehrb. der Meteor. Bd. II. S. 275. Vergl. Vorlesungen über Meteor. S. 290.

Größe mit großer Annäherung an die Wahrheit aus drei oder mehreren Beobachtungen herzuleiten, welche man im Laufe des Tages gemacht habe. Kämtz *) giebt hierzu folgende Anweisung: „Rechnen wir die Stunden vom Mittage (0 Uhr) bis 23, und sind $B_0, B_1, B_2, B_3, \ldots B_n$ die um 0, 1, 2, 3 ... n Uhr beobachteten Barometerstände, so hängen diese durch die Gleichung

$$B_n = B + a_1 \sin(n.\,15^0 + b_1) + a_2 \sin(n.\,30^0 + b_2) \ldots (A)$$

zusammen, wo wir nach der Reihe die durch die Beobachtungen gegebenen Werthe von B_n und die zugehörigen Werthe von n setzen müssen. Haben wir etwa 5 Beobachtungen, so erhalten wir ebenso viele Gleichungen, aus denen wir die Werthe der unbekannten Größen B, a_1, a_2, b_1 und b_2 herleiten können, und nach Bestimmung dieser Größen können wir die Extreme aufsuchen. Ist die Zahl der Beobachtungen größer als 5, so werden natürlich die für die unbekannten Größen gefundenen Werthe eine noch größere Sicherheit erlangen. Ist dagegen diese Zahl kleiner als 5, dann ist die Zahl der Gleichungen kleiner als die der unbekannten Größen, das Problem bleibt also unbestimmt. Jedoch zeigen glücklicherweise die umfassenderen Messungen in verschiedenen Gegenden der Erde eine solche Uebereinstimmung in den Werthen von b_1 und b_2, daß es sogar bei 5 Beobachtungen zweckmäßiger scheint, diese allgemeinen Werthe in die obige Gleichung zu setzen, als dieselben aus den wenigen Beobachtungen herzuleiten. Es wird nämlich

$$B = B + a_1 \sin(n.\,15^0 + 183^0\,0') + a_2 \sin(n.\,30^0 + 154^0\,34');$$

es bleibt also nur noch die Messung von 3 Größen übrig, und es genügen mithin 3, etwa am Morgen, Nachmittag und Abend gemachte Messungen, um die Extreme zu bestimmen, wenn man dabei zugleich den Barometerstand in den oben gegebenen Wendestunden aufsucht. Nahm ich an solchen Orten, wo fast stündliche Beobachtungen gemacht waren, drei willkührliche Messungen und leitete daraus die Werthe von B, a_1 und a_2 her, so zeigte sich eine hinreichende Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Größen. — Dieses gilt jedoch nur von dem jährlichen Mittel; um die Verhältnisse einzelner Monate zu finden, müssen wir dem obigen allgemeinen Ausdrucke (A) noch das Glied $a_3 \sin(n.\,54^0 + b_3)$ zufügen, die Werthe der Hülfswinkel sind in verschiedenen Monaten ungleich.“

Auf die Größe der täglichen Oscillation hat den bedeutendsten Einfluß die geographische Breite des Ortes. Aber außerdem hängt dieselbe auch noch wie es scheint von den Jahreszeiten ab, wie zuerst Ramond bemerkte. Im Allgemeinen sind die Oscillationen im Winter kleiner als in den übrigen Jahreszeiten. Nach den sorgfältigen Beobachtungen von Kämtz in Halle sind die täglichen Schwankungen im Sommer (wo sie am größten sind) ungefähr $^1/_{14}$ Linie größer als im Winter. Dreijährige Beobachtungen auf der Sternwarte in Mailand stimmen mit dieser Bemerkung überein.

Auf die Größe der mittleren täglichen Oscillation ist ferner aber auch die Erhebung des Beobachtungsortes über dem Meeresspiegel von Einfluß. Daniell machte zuerst darauf aufmerksam, daß auf dem St. Bernhard das Barometer Nachmittags nicht selten einen größeren Luftdruck anzeigte, als des Morgens, während gleichzeitig in Genf das entgegengesetzte Verhältniß stattfand. Beobachtungen von Eschmann auf dem Rigi und von Horner in Zürich geben zu gleicher Bemer-

*) Vorlesungen über Meteor. S. 271.

kung veranlassung, und ebenso die Beobachtungen von Kämtz auf dem Rigi und Faulhorn, welche gleichzeitig mit Beobachtungen an tiefer gelegenen Orten angestellt wurden.

Kämtz hat in folgender Tabelle die Mittel seiner Beobachtungen auf dem Rigi und dem Faulhorn mit den zu Zürich gemachten Messungen zusammengestellt, Die Größe zwischen 10 h. und 17 h. sind an allen genannten Orten durch Interpolation gefunden.

	Zürich	Rigi	Unterschied beider	Zürich	Faulhorn	Unterschied
	320‴+	270‴+	40‴+	320‴+	240‴+	70‴+
Mittag	0,982	2,345	8,637	4,305	7,308	6,997
1	0,917	2,347	8,570	4,159	7,251	6,908
2	0,869	2,353	8,516	4,044	7,210	6,834
3	0,827	2,336	8,491	3,917	7,174	6,743
4	0,789	2,336	8,453	3,891	7,136	6,755
5	0,777	2,319	8,458	3,937	7,128	6,809
6	0,847	2,356	8,491	4,014	7,142	6,872
7	0,928	2,361	8,567	4,137	7,093	7,044
8	1,047	2,433	8,614	4,278	7,104	7,174
9	1,195	2,497	8,698	4,363	7,108	7,255
10	1,222	2,504	8,718	4,401	7,097	7,304
11	1,248	2,487	8,761	4,390	7,074	7,316
Mitternacht	1,209	2,445	8,764	4,364	7,042	7,322
13	1,141	2,383	8,758	4,325	6,999	7,326
14	1,074	2,318	8,756	4,289	6,948	7,341
15	1,035	2,261	8,774	4,275	6,899	7,376
16	1,032	2,223	8,809	4,290	6,868	7,422
17	1,061	2,197	8,864	4,338	6,869	7,469
18	1,087	2,197	8,890	4,402	6,934	7,468
19	1,119	2,207	8,912	4,478	6,986	7,492
20	1,129	2,243	8,886	4,552	7,079	7,473
21	1,119	2,257	8,862	4,578	7,192	7,386
22	1,082	2,290	8,792	4,545	7,308	7,237
23	1,035	2,333	8,702	4,435	7,316	7,119

Sehr deutlich zeigen diese Resultate gleichzeitiger Beobachtungen die Aenderung dieses Phänomens mit der Erhebung über dem Boden. Während in Zürich das Barometer vom Mittage bis etwa 5 Uhr Abends sinkt, finden wir zwar eine ähnliche Abnahme des Luftdruckes auf dem Rigi, aber die Variationen sind kleiner, und daher nimmt die Differenz der Barometerstände an beiden Stationen zu. Während der Nacht nimmt der Luftdruck an beiden Orten fast gleichförmig ab, daher bleibt die Differenz der Barometerstände fast unverändert, es zeigt sich jedoch eine sehr wichtige Verschiedenheit in Betreff der Zeit, wo das Minimum am Morgen stattfindet, denn diese liegt in Zürich zwischen 3 und 4 Uhr, auf dem Rigi

zwischen 5 und 6 Uhr. Indem nun das Barometer steigt, finden wir in Zürich eine weit schnellere Zunahme des Luftdruckes als auf dem Rigi und daher eine schnelle Abnahme der Differenz der Barometerstände; während jedoch in Zürich das Maximum etwa um 8 Uhr liegt, zeigt sich auf dem Rigi eine Zunahme des Luftdruckes fast bis zur Zeit des Mittages. Aehnliche Verschiedenheiten zeigen die Messungen auf dem Faulhorne, und wenn gleich hier wegen der bedeutenden Größe der täglichen Variationen in Zürich dieses Phänomen noch immer an dem höheren Punkte zu erkennen ist, weichen nicht bloß die Wendestunden oben und unten sehr von einander ab, sondern die Differenz der Barometerstände ändert sich sehr bedeutend während des Tages, denn am Nachmittage beträgt sie etwa 76,7, am Morgen 77,5 Linien.

Um die Aenderung dieser Verhältnisse mit der Höhe kennen zu lernen, scheint es Kämtz am zweckmäßigsten, auch hier die mittlere tägliche Schwankung zu Grunde zu legen. Wir suchen demnach die vier Extreme in der Tiefe auf und subtrahiren das mittlere Minimum von dem mittleren Maximum. Um damit nun die Verhältnisse am obern Punkte zu vergleichen, suchen wir an diesem die Barometerstände zur Zeit der Wendestunden am tiefern Punkte auf, und subtrahiren ebenso die Mittel zur Zeit der Maxima. So geben die gleichzeitigen Barometerstände in Zürich und auf dem Rigi:

Minimum um	4^h,38,	Zürich 320''',780,	Rigi 272''',323
Maximum „	10,70	„ 321,250	„ 272,500
Minimum „	15,53	„ 321,028	„ 272,200
Maximum „	19,67	„ 321,130	„ 272,233

In Zürich ist hiernach die mittlere Differenz 0''',286, auf dem Rigi um 0''',105. Ebenso ergeben gleichzeitige Beobachtungen in Genf und Zürich für die mittlere tägliche Oscillation die Größe von 0''',398, während die entsprechende Differenz auf dem Faulhorn nur 0''',119 beträgt. Kämtz schließt hieraus, daß bei hinreichender Entfernung vom Niveau des Meeres ein Punkt kommen muß, wo diese täglichen Oscillationen ganz verschwinden, zumal über Orten, wo sie auch in der Tiefe nur klein sind. Als Kämtz im Jahr 1833 bei sehr schlechtem Wetter auf dem Faulhorn war, betrug die mittlere tägliche Oscillation nach den Messungen in Basel, Bern, Genf und Zürich nahe 0''',291, auf dem Faulhorn nur 0''',079, und während das Barometer in der Tiefe vom Maximum um $9^1/_2$ Uhr Morgens bis zum Minimum um 3,8 Uhr um 0''',3 sank, stieg dasselbe auf dem Faulhorn um 0''',129; es fand also auf der Höhe ein Steigen des Barometers statt, während dieses in der Tiefe sank.

Um die mittleren täglichen Oscillationen in verschiedenen Gegenden der Erde mit einander zu vergleichen, muß man also nach dem Gesagten nicht bloß solche aus wenigstens jahrelangen Beobachtungen abgeleitete Bestimmungen zu Grunde legen, bei denen der Einfluß der Jahreszeiten unschädlich gemacht ist, sondern man muß auch eine Correction für die Erhebung des Ortes über der Meeresoberfläche anbringen, d. h. bei einem hochgelegenen Orte muß man die aus den Beobachtungen gefundene Bestimmung der mittleren Schwankungen um so viel vergrößern, als sie in Folge der Erhebung des Ortes kleiner ausfällt. Aus den Beobachtungen in den Alpen leitet Kämtz *) eine einfache Regel für diese Correction ab.

*) Vorles. über Meteor. S. 296.

Nehmen wir an, der Barometerstand am Ufer des Meeres betrage 337''',5, und es sei hier die mittlere Schwankung etwa D; erheben wir uns dann bei unveränderter Breite und sinkt das Barometer um b Linien unter 337''',5, so verwandelt sich die tägliche mittlere Schwankung in d. Wir können nun annehmen, es sei d = D — a . b, wo a ein durch die Beobachtungen zu bestimmender Coefficient ist. Die Beobachtungen welche Kämtz im Sommer 1832 auf dem Rigi machte, geben in Vergleichung mit denen in Zürich a = 0,003694. Die Beobachtungen auf dem Rigi im Jahr 1833 geben im Vergleich mit denen in Basel, Bern und Zürich a = 0,003986. Die Messungen auf dem Faulhorne im Jahr 1832 geben im Vergleich mit denen zu Genf und Zürich a = 0,003674. Die Messungen an eben diesem Punkte im Jahr 1833 geben in Vergleich mit denen in Basel, Bern, Genf und Zürich a = 0,002758. Eine Reihe von Beobachtungen, welche Buchwalder auf dem Säntis und Horner in Zürich anstellten, giebt a = 0,003630. Eine Reihe von Messungen, welche Saussure auf dem Col du Géant anstellte, giebt in Vergleich mit denen in Genf und Chamouni a = 0,004056. Endlich giebt eine Reihe Messungen von Eschmann auf dem Rigi während des Winters in Vergleich mit denen in Zürich a = 0,002856. Wir können demnach annehmen, es sei in den Alpen a = 0,003507. Nahe dieselbe Größe giebt eine Vergleichung der Messungen zu Halle, Dresden, Jena, Prag, Zittau, Gotha, Freiberg und Altenberg. Wir finden darnach nämlich a = 0,003628. Die an verschiedenen Orten des tropischen America angestellten Messungen geben a = 0,002441. Nehmen wir das Mittel aller dieser Bestimmungen, so wird a = 0,003413. Um demnach die Größe der täglichen Oscillationen aufs Niveau des Meeres zu reduciren, suchen wir an einem Ort zuerst die Differenz der Barometerhöhe zur Zeit der beiden Maxima und Minima auf; dann multipliciren wir die Zahl von Linien, um welche das Barometer tiefer steht, als 337''',5 mit 0,003413, und addiren das Product zu der vorher gefundenen Differenz.

Bezeichnet also D die Größe der täglichen Oscillation aufs Niveau des Meeres reducirt, bezeichnet ferner d die Differenz der Barometerhöhen zur Zeit der beiden Maxima und Minima, endlich H die Barometerhöhe, welche an den (über dem Niveau gelegenen) Beobachtungsorte als der hier herrschende Barometerstand beobachtet worden, so ergeben obige Regeln D = d + 0,003413 (337''',5 — H).

Oder nehmen wir den Barometerstand am Niveau des Meeres zu 760 Millimeter an, so ist D = d + 0,003413 (760 $^{\text{mill.}}$ — H).

Bravais *) hat eine andere Methode der Bestimmung der mittleren Oscillation vorgeschlagen, um das Verschwinden derselben bei der Erhebung über die Meeresoberfläche zu berechnen. Es giebt die Formel D = d + 0,0007 (760$^{\text{mill.}}$ — H), in welcher d, die mittlere Schwankung, gegeben ist durch die Quadratwurzel aus der Differenz des Mittels der Quadrate der Differenzen der stündlichen unveränderlichen Barometerablesungen und des mittleren constanten Barometerstandes.

Der von Kämtz angegebenen Regel gemäß ist die letzte Columne in der nachfolgenden Tafel **) berechnet, welche für eine Anzahl von Orten und deren geographische Breite den mittleren Barometerstand, sowie die beobachtete und die auf das Niveau des Meeres reducirte mittlere Oscillation angiebt.

*) Instit. 1842. p. 309.
**) Kämtz, Vorlesungen über Meteor. S. 298.

Ort	Breite	Mittlerer Barometerstand	Mittlere tägliche Oscillation Beobachtet	Reducirt
Lima	12° 3′S.	328‴,8	1‴,202	1‴,232
Caracas	10 31 N.	302,3	0,960	1,080
Payta	5 6 N.	336,0	0,921	0,921
Santa Fé de Bayota .	4 36 N.	248,2	0,889	1,194
Ibagué	4 28 N.	292,0	0,851	1,006
Popayan	2 26 N.	274,0	0,850	1,067
La Guayra	10 36 N.	336,6	0,839	0,842
Calcutta	22 35 N.	336,4	0,815	0,819
Callao	12 3 S.	336,8	0,814	0,815
Cumana	10 28 N.	335,2	0,789	0,797
Großer Ocean . .	0		0,756	0,756
Rio Janeiro	22 54 S.	339,1	0,754	0,754
Chittledroog	14 11 N.	308,1	0,733	0,799
Taïti	17 29 S.	337,5	0,729	0,729
Mexico	19 26 N.	258,5	0,704	0,973
Großer Ocean . .	16 0 S.	. . .	0,688	0,688
Sierra Leone . . .	8 30 N.	334,4	0,685	0,696
Cairo	30 2 N.	335,7	0,683	0,689
Quito	0 13 S.	245,5	0,655	0,969
Großer Ocean . .	18 0 N.	. .	0,641	0,641
Antisana	0 33 N.	208,5	0,557	0,997
Rom	41 54 N.	235,5	0,435	0,442
Basel	47 34 N.	327,5	0,373	0,407
Viviers	44 29 N.	334,9	0,372	0,381
Brüssel	50 50 N.	335,6	0,355	0,361
Clermont	45 27 N.	322,7	0,346	0,362
Mailand	45 28 N.	333,4	0,333	0,347
Chur	46 51 N.	315,2	0,316	0,392
Frankfurt a. M. . .	50 8 N.	333,6	0,316	0,329
Arnstadt	50 50 N.	326,0	0,296	0,335
Heidelberg	49 25 N.	335,5	0,288	0,279
Mannheim	49 29 N.	332,8	0,255	0,271
Paris	48 50 N.	335,4	0,242	0,249
Jena	50 56 N.	332,1	0,241	0,259
Christiania	59 55 N.	336,0	0,230	0,230
Prag	50 5 N.	329,8	0,227	0,253
Padua	45 24 N.	335,5	0,214	0,227
Halle	51 29 N.	334,0	0,209	0,221
Dresden	51 7 N.	330,0	0,209	0,235
Gotha	50 56 N.	324,0	0,199	0,245
Zittau	50 52 N.	328,0	0,199	0,231
Münster	51 58 N.	334,6	0,189	0,199
Wetzlar	50 32 N.	329,7	0,174	0,201
Apenrade	55 3 N.	336,4	0,159	0,163
Berlin	52 33 N.	336,3	0,152	0,156
Hungerhafen	53 38 S.	332,7	0,152	0,152
Altenberg	50 45 N.	308,4	0,146	0,245
Freiberg	50 55 N.	321,9	0,135	0,188
Crakau	50 4 N.	329,1	0,131	0,160
Danzig	54 21 N.	336,6	0,130	0,133
Abo	60 27 N.	336,7	0,113	0,114
Edinburg	55 55 N.	331,1	0,092	0,114
Königsberg	54 42 N.	337,3	0,084	0,084
Petersburg	59 56 N.	336,6	0,059	0,063
Kasan	55 48 N.	336,1	0,052	0,057

Es geht aus den Angaben dieser Tafel hervor, daß die täglichen Schwankungen unter dem Aequator am größten sind, von da nach den Polen zu aber immer mehr abnehmen. Nach den auf das Niveau des Meeres reducirten mittlern Tages-Schwankungen ist die Größe der täglichen Oscillation unter dem Aequator im Mittel 1''',011. Folgende Breiten aber entsprechen den untenstehenden mittleren Oscillationen:

der Breite von	5° 26'	die Oscillation von	1''',0
= = =	17 52	= = =	0 ,9
= = =	23 55	= = =	0 ,8
= = =	29 28	= = =	0 ,7
= = =	34 26	= = =	0 ,6
= = =	39 4	= = =	0 ,5
= = =	43 34	= = =	0 ,4
= = =	48 1	= = =	0 ,3
= = =	52 33	= = =	0 ,2
= = =	57 17	= = =	0 ,1
= = =	62 25	= = =	0.

Zwischen 60—70° Br. verschwinden, wie man sieht, die täglichen Oscillationen. Hällström und Kämtz*) finden für noch größere Breiten negative Werthe für die tägliche Oscillation, d. h. die mittleren Barometerstände würden um 4 Uhr Morgens und Abends größer sein als um 10 Uhr Morgens und Abends, die Maxima würden in Minima und diese in jene übergehen. Indeß ist die Frage, ob dem wirklich so sei, durch Beobachtungen noch nicht vollkommen entschieden. Die Barometeterbeobachtungen, welche Ihle**) 1839—1841 in Kaofjord in Finnmarken unter 69° 58' 15'' nördl. Br. anstellte, ließen nach dem allgemeinen Mittel keine regelmäßigen täglichen Schwankungen erkennen. Nimmt man aber die Jahresmittel, so wird es wahrscheinlich, daß nur in den kurzen Tagen die Oscillationen ganz verschwinden, ja sich umkehren, während sie in den langen Tagen wie gewöhnlich auftreten.

Bei den Beobachtungen über die täglichen Oscillationen, wie wir sie bisher angeführt, ist auf den Einfluß einer Dampfatmosphäre auf das Barometer keine bestimmte Rücksicht genommen. Daher erscheint aller Einfluß der Dampfatmo-

*) Zur Berechnung der täglichen Oscillation aus der geogr. Breite sind folgende Formeln gegeben worden:

Von Hällström (Ann. d. Phys. Bd. LXXXIV. S. 150): $s = 2{,}341 - 0{,}7723 \sin l - 1{,}5836 \sin^2 l$, wo s in Millimetern den Unterschied zwischen dem größern Maximum und dem kleinern Minimum bedeutet, l die geogr. Breite.

Von Kämtz (Lehrb. der Meteor. Bd. II. S. 278): $D = -0''',1491 + 1''',0028 \cos^2 l$, wo D die mittlere Oscillation unter der Breite l bezeichnet.

Von Forbes (Edinb. Trans. XII. p. 180): $z = 3{,}031 \cos^{5/2} l - 0{,}381$ Millim. oder $z = 0{,}1193 \cos^{5/2} l - 0{,}0150$ engl. Zoll, wo z der Unterschied zwischen dem Barometerstande um 10 Uhr Morgens und dem um 4 Uhr Abends. Nach dieser Formel wird die Größe der täglichen Oscillation unter dem Aequator 2,650 Millim., unter der Breite von 64° 8' Null und in höheren Breiten kehrt sie sich um.

Von Kämtz: $D = -0''',2451 + 1{,}2126 \cos^2 l - 0{,}002874\, B$, wo B die Anzahl Linien bezeichnet, um welche das barometrische Mittel des Beobachtungsortes unter 337''',5 steht, welches als mittlerer Barometerstand am Meere angenommen ist.

**) Pogg. Ann. Bd. LVIII. S. 337.

sphäre als ein ein unregelmäßiger, nur als zu eliminirender, auf die Regelmäßigkeit der Barometerbewegungen sich geltend machender Einfluß. Um diese regelmäßigen Bewegungen zu erklären, hatte schon Bouguer und nach ihm Laplace und Ramond auf deren Abhängigkeit vom Gange der täglichen Temperatur aufmerksam gemacht. Kämtz weist aus Beobachtungen die Richtigkeit des schon oben erwähnten Gesetzes nach, daß (in einer Luftatmosphäre) der Gang des Thermometers und des Barometers im Allgemeinen ein entgegengesetzter sein muß. Er hat aus den Beobachtungen an sehr verschieden gelegenen Orten folgende Tabelle zusammengestellt, in welcher das Zeichen + das Steigen, das Zeichen — das Fallen des Barometers oder Thermometers um die beigeschriebene Anzahl von Linien oder Graden bedeutet.

Aendert sich das Barometer um	so ändert sich das Thermometer um			
	Bagdad	Ofen	Cambridge	Eyafiord
+10‴				— 8°,85
+ 8				— 5,99
+ 7			— 6°,53	— 2,35
+ 6				— 3,48
+ 5		— 3°,42	— 5,59	— 2,88
+ 4		— 2,55	— 3,19	— 2,35
+ 3	— 3°,92	— 1,76	— 1,86	— 1,56
+ 2	— 1,39	— 1,15	— 1,65	— 1,00
+ 1	— 0,42	— 0,87	— 0,72	— 0,74
— 1	+ 0,69	+ 0,51	+ 0,42	+ 0,20
— 2	+ 0,84	+ 0,68	+ 1,94	+ 1,11
— 3	+ 1,94	+ 2,00	+ 2,39	+ 1,64
— 4		+ 2,19	+ 2,11	+ 2,56
— 5		+ 1,95	+ 2,78	+ 3,58
— 6				+ 4,31
— 7			+ 3,70	+ 5,64
— 8				+ 7,00
—10				+10,50

Kämtz beruft sich zur Bestätigung der Ansicht von dem Zusammenhange beider Instrumente auch noch auf Beobachtungen von Boussingault, welche derselbe im Verlaufe eines Jahres zu Santa Fé de Bogota im tropischen America anstellte. Der Gegensatz von Steigen und Fallen beider Instrumente tritt entschieden in der Tabelle hervor und zwar sind die Aenderungen des einen Instrumentes desto größer, je bedeutender die des anderen sind. Kämtz bemerkt, daß namentlich im Winter das angegebene Verhältniß beider Instrumente entschieden hervortrete. Es ist offenbar, daß im Winter die Dampfatmosphäre sich minder stark geltend mache in ihrem Einflusse auf das Barometer als im Sommer. Zur Erklärung einzelner Anomalien macht Kämtz auf einen allerdings sehr beachtenswerthen Umstand aufmerksam. Während fast alle übrigen meteorologischen Instrumente von der Beschaffenheit sind, daß sie nur das meteorologische Verhalten der Luft in ihrer unmittelbaren Nähe angeben und daher ihre Angaben nur für

sehr beschränkte Räume Gültigkeit haben; wird das Barometer stets von der ganzen Atmosphäre von ihrem Boden bis zu ihrer Grenze afficirt, zeigt stets den Gesammtdruck aller über ihm lagernden Luftschichten an. Das Thermometer notirt niemals den Wärmestand der Atmosphäre von ihrem Boden bis zu ihrer Grenze, sondern immer nur den des Luftstromes, in welchem es sich eben befindet und wiewohl die Temperatur in einer im Allgemeinen gewiß regelmäßigen Weise von unten nach oben in der Atmosphäre abnimmt, so kommen doch besonders in den niederen Regionen außerordentlich große Unregelmäßigkeiten in dieser Beziehung vor, so daß sehr oft in höheren Schichten in Folge der eigenthümlichen Windesrichtung höhere Temperaturen stattfinden als in den darunter liegenden. Die schon oben erwähnte Erklärung der täglichen Schwankungen des Barometers von Ramond *) ist folgende.

Während sich die Sonne in unserm Meridiane befindet, erwärmt sie den Theil der Erde, welcher zwischen dem Orte ihres Auf- und Unterganges in diesem Momente liegt. Wir wollen annehmen, diese Erwärmung zeige sich vorzugsweise nur zwischen den Meridianen, in welchen es 21 h. und 3 h. ist, wenn die Sonne bei uns culminirt. Indem die Luft durch diese Erwärmung ausgedehnt wird, erhält die Atmosphäre in dem erwähnten Raume eine größere Höhe als in den benachbarten Gegenden, ein Theil der Luft fließt ab, das Barometer sinkt, es steigt dagegen durch den Druck der hinzugekommenen Luftmassen in den Räumen zwischen den Meridianen von 3 h. und 9 h., so wie in denen zwischen 3 h. und 21 h.; in dem einen dieser Räume ist die Luft noch von der Nacht her kalt, die Atmosphäre hat eine geringere Höhe und es kann ein Theil ab- und zufließen; in der zweiten Gegend erkaltet die Luft, nachdem die Zeit der größten täglichen Wärme vorüber ist. So verbreitet sich diese Bewegung nach und nach aus einer Gegend in die benachbarte und wird dadurch dem Theile mitgetheilt, welcher, von unserm Meridiane aus gerechnet, zwischen den Nachtkreisen liegt. Das Barometer sinkt daher von 9 h. bis 16 h., weil die Atmosphäre durch Verminderung der Kälte während der Nacht an Dichtigkeit, durch den Antheil, welchen ihre obern Schichten den beiden benachbarten Regionen gegeben haben, aber an Höhe verloren hat. Wenn sich nach dieser Hypothese auch die beiden Maxima und das Minimum am Tage erklären läßt, so scheint es auf den ersten Augenblick schwierig, daraus das Minimum am Morgen abzuleiten. Aber zur Zeit, wo dieses erfolgt, tritt östlich von dem Orte das Minimum der Temperatur ein, die Atmosphäre hat dann die geringste Höhe und nothwendig fließt dahin ein Theil der Luftmasse aus den westlicher gelegenen Gegenden, wodurch hier das Barometer sinkt.

Der Einfluß der Jahreszeiten auf die Barometerschwankungen schließt sich sehr wohl an diese Erklärungen an. Wenn nämlich im Frühlinge die Tage länger werden, so entfernt sich die Zeit der niedrigsten Temperatur des Morgens und Abends mehr und mehr vom Mittage und ein gleiches muß also auch mit den Wendestunden des Barometers der Fall sein; und die tägliche Oscillation muß in der warmen Jahreszeit größer sein als in der kalten, weil die Wärmeunterschiede in jener im Allgemeinen größer sind. Dagegen sieht man nicht wohl ein, wie aus den bloßen Differenzen der höchsten und niedrigsten Tagestemperatur die Aenderung der Größe der täglichen Oscillation mit der zunehmenden geogr. Breite erfolgt, da diese

*) Mém. de l'Instit. 1808. p. 108. Vgl. Kämtz, Meteor. Bd. II. S. 280.

Differenzen in den verschiedenen Breiten nur wenig verschieden sind. Daniell*) nimmt bei seiner Erklärung des Phänomens auf die Luftströmungen Rücksicht, welche (die Ursache der Passate) in Folge der starken Erwärmung der Luft über dem Aequator und unter Einfluß der Axendrehung der Erde im Allgemeinen als ein oberes Abströmen der Luft vom Aequator nach den Polen zu und als ein unteres Zuströmen derselben von den Polen zu dem Aequator hin sich verhalten. Der obere und untere Strom müßte zu den verschiedenen Tageszeiten eine ungleiche Geschwindigkeit haben.

So lange beide Ströme unverändert dieselbe Geschwindigkeit haben, wird ein Barometer allenthalben von der darüber stehenden Luftsäule einerlei Druck erleiden, da in den obern Regionen ebenso viel Luft abfließt, als in den unteren zufließt. Sowie aber diese Geschwindigkeiten durch ungleiche Temperaturänderungen beider Ströme modificirt werden, so entstehen locale Ausdehnungen der Luft und diese bewirken eine ungleiche Vertheilung der ponderablen Materie. Wird z. B. die untere Schicht eines verticalen Durchschnittes stärker erwärmt als die obere, dann wird der obere Strom beschleunigt, das Gewicht der Luft dadurch vermindert. Nun können wir die Aenderungen von Wärme und Kälte während des Tages im Allgemeinen als von gleichem Einflusse auf beide Ströme ansehen, da die erwärmten Luftschichten aufsteigen und den obern einen Theil ihrer höheren Temperatur mittheilen; stets aber ist dazu einige Zeit erforderlich, das Barometer wird also durch sein Sinken die Größe dieser Ungleichheit angeben. Ebenso wirkt die Erkaltung der Atmosphäre früher auf die untern Schichten als auf die obern und das Barometer wird in diesem Falle steigen. Untersuchen wir nun diesen Umstand genauer, so haben wir am Aequator nur die Unregelmäßigkeit der lateralen Ausdehnung oder Zusammenziehung zu betrachten, das Barometer fällt, so wie die Erde erwärmt wird; dieser Stoß, welchen die ankommenden Ströme erleiden, muß sich bis zu den Polen erstrecken, und da die Geschwindigkeit der Luftmassen in den unteren Regionen vermindert wird, ohne daß in den oberen eine Ausgleichung vorhanden ist, so hat das Barometer in allen Breiten zwischen dem Aequator und den Polen ein Streben zum Steigen. Das Bestreben des Quecksilbers zum Sinken wird also desto geringer, je weiter wir uns vom Aequator entfernen; endlich kommt ein Punkt, wo beide Ursachen mit gleicher Intensität wirken, das Barometer bleibt hier in Ruhe; gehen wir noch näher zum Pole, so steigt hier das Barometer zu derselben Zeit, wo es am Aequator sinkt und umgekehrt.

Dove**) hat zuerst bei Erklärung der täglichen Barometerschwankungen auf die Dampfatmosphäre bestimmte Rücksicht genommen. Er suchte nachzuweisen, daß die barometrischen täglichen Veränderungen der Unterschied zweier, einen viel einfacheren Gang zeigender Veränderungen seien, nämlich des Druckes der trockenen Luft und der Elasticität der ihr beigemengten Wasserdämpfe, welche in den einfachsten Verhältnissen eine 24stündige Periode befolgen, bei ihrer Interferenz (wenn sie sich zum Theil entgegenwirken) aber eine 12stündige Periode einhalten. Dove legte seinen Untersuchungen Beobachtungen zu Grunde, welche Neuber in Apenrade mit einem Hygrometer nach der Einrichtung Daniell's anstellte. Er

*) Daniell, Meteor. Ess. p. 251. Schweigger's Jahrb. N. R. Bd. XV. S. 162.
**) Pogg. Ann. Bd. XXII. S. 231. Vergl. Repertorium d. Physik, herausg. von Dove. Bd. IV. S. 246.

bestimmte danach den Druck der Dampfatmosphäre für die einzelnen Stunden des Tages und subtrahirte die so gefundene Größe von dem Barometerstande. So erhielt er den Druck, welcher durch die trockene Luft für sich allein hervorgebracht wird und es zeigte sich, daß nur Ein tägliches Maximum und Minimum vorhanden sei. Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate, welche Dove für die trockene Luft erhielt.

Stunde	Jahr	Sommer	Herbst	Winter	Frühling
Mittag	332''',057	330''',081	329''',746	333''',759	334''',474
1	1,983.	0,004	9,669	3,632	4,414
2	1,949	29,983	9,639	3,588	4,389
3	1,962	30,017	9,661	3,578	4,395
4	2,021	0,107	9,729	3,607	4,442
5	2,120	0,249	9,986	3,669	4,524
6	2,245	0,433	29,799	3,690	4,634
7	2,381	0,648	30,036	3,839	4,753
8	2,593	0,881	0,038	3,911	4,976
9	2,626	1,112	0,173	3,954	5,028
10	2,712	1,325	0,203	3,961	5,141
11	2,768	1,504	0,212	3,934	5,230
Mitternacht	2,797	1,634	0,224	3,946	5,290
13	2,803	1,707	0,236	3,825	5,319
14	2,793	1,718	0,259	3,775	5,321
15	2,772	1,666	0,292	3,745	5,291
16	2,743	1,558	0,326	3,742	5,240
17	2,704	1,402	0,349	3,764	5,170
18	2,652	1,211	0,306	3,738	5,085
19	2,583	0,998	0,313	3,837	4,987
20	2,614	0,777	0,297	3,859	4,797
21	2,390	0,563	30,127	3,856	4,769
22	2,275	0,368	29,996	3,823	4,660
23	2,159	0,204	9,866	3,766	4,558

Im Verlaufe des ganzen Jahres ist, wie man sieht, gegen 1 Uhr (13 h.) nach Mitternacht der atmosphärische Druck am größten, nimmt von da ab, ist gegen 2 Uhr nach Mittag am kleinsten und nimmt dann wieder bis nach Mitternacht zu. Am kleinsten also ist er zur Zeit der größten Sonnenwärme, am größten etwa 11 Stunden später. Der Unterschied des höchsten und des niedrigsten Barometerstandes beträgt 0''',854. Im Sommer ist diese Differenz des Maximum und Minimum größer als in den übrigen Jahreszeiten. Es ist für

	Frühling	Sommmer	Herbst	Winter
das Min.	2 h.	2 h.	2 h.	3 h.
das Max.	14 h.	14 h.	17 h.	12 h.
die Differenz	0,932	1,735	0,710	0,368

Der Einwirkung der Dampfatmosphäre muß es also zugeschrieben werden, wenn ein doppeltes Minimum und ein doppeltes Maximum im Laufe des Tages sich herausstellte. Mit Aufgang der Sonne beginnt die Dampfentwicklung und be-

wirkt eine solche Vermehrung des atmosphärischen Druckes, daß trotz der fortwährenden Abnahme des Druckes der trockenen Luft während des Morgens dennoch ein Steigen des Barometers und das Eintreten eines Maximums (gegen 10 Uhr Morgens) stattfindet. Nach Sonnenuntergang setzt sich dann die Abnahme des Dampfes fort und zwar nimmt der Druck der Dampfatmosphäre schneller ab, als der Druck der Luft zunimmt, und so erklärt sich das Minimum am Morgen.

Kämtz*) hat jedoch die Dove'schen Bestimmungen nicht bestätigt gefunden. Aus Beobachtungen zu Halle in den Monaten Januar und Juli und zu Münster im Mai und September (von Stierlin) findet er folgende Angaben. Im Julius zeigt sich bald nach Mitternacht ein Maximum; von da nimmt der Druck bis gegen 8 Uhr Morgens ab, steigt aber jetzt aufs Neue, erreicht bald nach der Culmination der Sonne ein zweites Maximum, gegen 7 Uhr Abends ein zweites Minimum und nimmt dann wieder zu. Dabei beträgt der Unterschied zwischen den höchsten und niedrigsten Barometerständen nur 0''',4 bis 0''',5, also ungefähr nur ein Viertel der Größe, welche Dove aus den Apenrader Beobachtungen für den Sommer gefunden. Ebenso zeigen sich im Januar zwei Maxima um 10 Uhr Morgens und Abends und zwei Minima um 5 Uhr Morgens und 2 Uhr Mittags.

Da die Entwicklung des Wasserdampfes in der Nähe großer Wasseransammlungen (also namentlich des Meeres) unter ganz anderen Bedingungen geschieht, als über trockenem Erdreiche, im Innern ausgebreiteter Continente, so muß auch der Einfluß der Dampfatmosphäre auf den Barometerstand in einem Seeklima ein ganz anderer sein als in einem Continentalklima. Die Apenrader Beobachtungen von Dove beziehen sich auf das Verhalten des Druckes der Dampfatmosphäre in einem Seeklima. Hier nimmt, wie gezeigt wurde, der Druck von der kältesten Stunde bis zur wärmsten zu und von dieser bis zur kältesten wieder ununterbrochen ab, und auch die Aenderungen des Druckes der trockenen Luft befolgen eine 24stündige, keine 12stündige Periode. Beobachtungen in Petersburg und Plymouth haben dieses Resultat bestätigt. An Orten dagegen, welche fern vom Meere liegen, ein also kein bei Tage eintretender Seewind das ergänzen kann, was der unter dem Einflusse der Wärme sich erzeugende aufsteigende Strom den unteren Luftschichten an Feuchtigkeit entführt, wird Zunahme und Abnahme des Druckes des Wasserdampfes der Zunahme und Abnahme des Druckes der trockenen Luft sich anschließen, indem beide Drucke nach der wärmeren Tageszeit zu abnehmen, da der Wasserdampf durch die Wärme nur verdünnt und gehoben, nicht vermehrt wird, ebenso wie es mit der trockenen Luft geschieht. Man hat also, wie Dove**) bemerkt, für einen Ort des continentalen Klima's zu erwarten, daß das Maximum am Morgen für die ganze Atmosphäre wegfallen wird, wie es bei Orten in der Nähe der See nur für den von der Elasticität des Wasserdampfes gesonderten Druck der Luft stattfindet, und wirklich bestätigt dies auch vollkommen eine Vergleichung dreijähriger in Petersburg und Catharinenburg angestellter Beobachtungen. Aus denselben ergiebt sich nämlich in halben englischen Linien,

---

*) Vorles. üb. Met. S. 313.
**) Dove, Repert. Bd. IV. S. 260.

Petersburg:

	Atmosphäre	El. d. Dampf.	trockene Luft
8	598,77	4,57	594,20
10	598,84	4,64	594,20
12	598,83	4,67	594,16
2	598,75	4,65	594,10
4	598,69	4,60	594,09
6	598,66	4,57	594,09
8	598,66	4,57	594,09
10	598,66	4,51	594,15

Catharinenburg:

	Atmosphäre	El. d. Dampf.	trockene Luft
8	581,20	3,71	577,49
10	581,18	3,63	577,55
12	581,11	3,55	577,56
2	581,00	3,51	577,49
4	581,99	3,51	577,48
6	581,01	3,57	577,44
8	581,10	3,68	577,42
10	581,16	3,69	577,47

Auch geben die barometrischen Beobachtungen in Barnoul und Slatust kein Maximum des Morgens, nämlich:

	Barnoul	Slatust
8	593,02	574,02
10	593,01	574,00
12	593.01	573,91
2	592,92	573,79
4	592,89	573,28
6	592,82	573,38
8	592,92	573,92
10	592,98	573,91
Mittel	592,96	573,90

Liegt in dem Verhalten des Wasserdampfes daher ein Erklärungsgrund für die Erscheinung, daß die tägliche Oscillation entfernt von den Küsten nicht nur größer wird als in der Nähe derselben, sondern auch sich in ihrem Verlauf wesentlich modificirt, so erläutert dasselbe auch die Erscheinung, daß in der Zone der Moussons die Größe derselben bedeutend vermindert wird, wenn die Regen bringenden Moussons herrschen.

Um den **mittleren Barometerstand eines Tages** zu bestimmen, beobachtet man gewöhnlich das Barometer zur Zeit des Maximum am Morgen und

zu der des Minimum am Abende. Kämtz meint, wenn man um 6 Uhr Morgens und um 2 und 10 Uhr Abends oder um 7 Uhr Morgens und um 2 und 9 Uhr Abends beobachte, so gäbe das arithmetische Mittel aus diesen drei Beobachtungen sehr nahe den mittleren Luftdruck. Der mittlere Barometerstand entspricht auch nahe demjenigen, welcher um die Zeit des Mittags einzutreten pflegt.

Während man früher annahm, daß der mittlere Luftdruck in den verschiedenen Jahreszeiten sich gleichbleibe, haben neuere Beobachtungen dargethan, daß dieses keineswegs der Fall sei. Buch*) wies nach, daß sich zwischen den Wendekreisen der Luftdruck vermindere, sowie die Sonne dem Scheitelpunkte sich nähere, eine Bemerkung, zu deren Bestätigung Dove**) noch weitere Thatsachen beibrachte. In der nachfolgenden Tafel sind für eine Anzahl von Orten auf der nördlichen Halbkugel bis zu einer Breite von 30° die Barometerhöhen für die einzelnen Monate des Jahres zusammengestellt.

Monat	Havanna	Calcutta	Benares	Macao	Cairo
Januar	339,23	338,93	334,87	340,42	337''',97
Februar	6,97	6,40	3,76	40,01	fehlt
März	7,34	5,24	3,00	39,60	6,65
April	6,72	4,17	1,29	7,76	6,95
Mai	6,10	2,83	30,26	7,63	6,12
Juni	7,20	1,63	28,54	5,71	4,43
Juli	7,20	1,38	28,33	5,98	4,20
August	5,72	1,82	29,51	5,98	4,27
September	5,78	3,29	30,69	7,89	5,44
October	6,10	4,80	2,63	8,40	6,77
November	7,46	6,18	3,83	39,64	7,24
December	8,51	7,30	4,94	40,74	7,71

Kämtz***) bemerkt hierzu, wie offenbar an allen diesen auf der nördlichen Halbkugel gelegenen Orten der Luftdruck vom Januar bis zum Sommer kleiner werde, von da bis zum Winter aber wieder zunehme. In Calcutta, wo die Messungen einen Zeitraum von acht Jahren umfassen und wo also die zufälligen Störungen entfernt sind, beträgt dieser Unterschied mehr als 7 Linien. Ueberhaupt scheint derselbe in Indien größer zu sein als in America und mit der Entfernung vom Aequator abzunehmen. Die Vergleichung einiger Orte der höheren Breiten ergiebt Folgendes:

*) Pogg. Ann. Bd. XV. S. 353.

**) Vergl. außer den betr. Abhandlgn. in Pogg. Ann., namentlich Dove's Meteorologische Untersuchungen. Berlin 1837.

***) Vorles. üb. Meteor. S. 321.

Monat	Paris	Straßburg	Halle	Berlin	Petersburg
Januar	336,40	333,19	334''',53	337,75	338,03
Februar	6,50	3,55	4,00	7,45	8,28
März	5,28	3,00	3,19	6,86	7,24
April	4,77	2,45	2,90	5,94	7,43
Mai	4,96	2,69	3,61	6,85	7,32
Juni	5,70	3,43	3,67	6,82	6,83
Juli	5,36	3,20	3,92	6,72	6,13
August	5,46	3,37	3,44	6,47	6,61
September	5,40	3,62	3,99	7,16	7,43
October	4,43	3,28	4,93	7,46	7,27
November	5,02	3,04	3,92	6,65	6,04
December	4,73	2,78	4,29	7,06	7,00

Auch in den höheren Breiten ist, wie man sieht, der Luftdruck im Sommer geringer als im Winter, aber es tritt hier eine doppelte Periode auf. Vom Winter nimmt der Luftdruck bis zur Zeit der Aequinoctien ab, darauf wird er im Sommer wieder etwas größer, ohne jedoch das Maximum des Winters zu erreichen. Es tritt darauf im Herbst, wie es scheint, ein zweites Minimum ein, auf welches abermaliges Steigen des Barometers folgt. Daß auch bei diesen periodischen Schwankungen des Barometerstandes ein störender Einfluß der Dampfatmosphäre auf den der trockenen Luft sich geltend mache, liegt sehr nahe, denn wenn schon die einzelnen Tageszeiten in Bezug auf die Spannkraft des Dampfes sich verschieden verhalten, so ist dieses noch mehr bei den einzelnen Jahreszeiten der Fall. Höchst wahrscheinlich wird die trockene Luft nur Ein Minimum des Druckes im Sommer und Ein Maximum desselben im Winter haben; da aber die Dampfentwicklung im Sommer so ungleich größer ist als im Winter, so wird diese nicht nur den Veränderungen im Drucke der trockenen Luft im Sommer entgegen wirken, sondern sogar ein zweites Maximum und bei ihrem Nachlassen ein zweites Minimum zu erzeugen vermögen. Von großem Interesse ist es hiernach, auch für die monatlichen Barometerstände Beobachtungsreihen herzustellen, in denen der Einfluß der Dampfatmosphäre eliminirt ist und aus denen sich dann die Veränderungen des Druckes der Gasatmosphäre für sich ersehen lassen. Solche Beobachtungen enthält die folgende Tabelle. Sie giebt den Druck der trockenen Luft in Calcutta und Apenrade nach der Berechnung von Dove, in Halle nach den Bestimmungen von Kämtz, in Petersburg nach denen der Academie. Kämtz*) bemerkt, daß die Beobachtungen des Hygrometers am letztgenannten Orte nur ein Jahr, die des Barometers 13 Jahre umfassen und daß ebenso in Halle die Beobachtungen des Hygrometers während einer kürzeren Zeit angestellt sind als die des Barometers. Längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen des Dampfgehaltes der Atmosphäre würden um so gewisser zu zuverlässigeren Resultaten führen, als die einzelnen Jahre in Bezug auf die Dampfentwicklung ohne Zweifel größere Abweichungen darbieten, als hinsichtlich der Druckverhältnisse der Gasatmosphäre.

*) Vorles. üb. Meteor. S. 322.

Monat	Calcutta	Apenrade	Halle	Petersburg
Januar	332,80	334,65	332,68	336,52
Februar	31,12	5,53	31,98	6,88
März	28,69	3,49	30,91	5,30
April	26,93	3,11	30,20	5,15
Mai	22,15	2,37	30,09	5,17
Juni	21,52	1,78	29,14	3,62
Juli	21,32	0,46	28,81	1,90
August	21,78	0,49	28,68	2,83
September	23,57	1,18	29,59	4,50
October	25,93	0,27	31,54	4,84
November	31,06	1,59	31,39	4,71
December	32,01	2,35	31,85	5,80

Es zeigt sich, daß der Druck der trockenen Luft in der kälteren Jahreszeit am größten und in der wärmsten am kleinsten ist und daß zwischen beiden Extremen das Fallen und Steigen des Barometers ziemlich regelmäßig geschieht, daß also in der That nur Ein Maximum und Ein Minimum vorhanden ist. Der Unterschied der Extreme (die Jahresschwankung) wird desto kleiner, je weiter man sich vom Aequator entfernt. Denn subtrahiren wir das Mittel der drei Sommermonate von dem der drei Wintermonate, so beträgt die Differenz in Calcutta 10''',44, in Apenrade 3''',28, in Halle 3''',32, in Petersburg 3''',26. Je geringer diese Differenz in den höheren Breiten ist, desto leichter kann sie durch den störenden Einfluß der Dampfatmosphäre verdeckt werden, desto leichter kann durch deren Einfluß ein doppeltes Maximum und Minimum erzeugt werden. In den Gegenden zwischen den Wendekreisen dagegen kann sich wegen der größeren Differenz der Extreme der Einfluß der Dampfatmosphäre weniger geltend machen, und so erklärt sich, weshalb wir hier, wie wir gesehen, in der That nur Ein Maximum und Ein Minimum des Barometerstandes finden. Kämtz*) macht darauf aufmerksam, wie die Luftbewegung in der gesammten Atmosphäre in ihrer geographischen Großartigkeit durch die erwähnten Beobachtungen zur Anschauung kommt. Um die Zeit der Aequinoctien nämlich, wo die Temperatur auf der ganzen Erde nahe der mittlern jährlichen Wärme gleich ist, werden wir allenthalben sehr nahe den mittleren Druck der trockenen Luft antreffen. Geht jetzt die Sonne nach der einen, etwa nördlichen Halbkugel, so wird diese erwärmt, während die südliche Halbkugel erkaltet; Folge davon ist ein Abfließen der Luft aus der nördlichen Halbkugel nach der südlichen und ein Fortrücken der Passate nach Norden, mit andern Worten also tieferer Batrometerstand in der Halbkugel, welche Sommer hat, höherer in derjenigen, welche Winter hat, ganz so wie es die Erfahrung bestätigt. Je näher die Gegenden an der Grenze liegen, an welcher dieser Austausch erfolgt, desto bedeutender wird sich in ihnen dieser Wechsel offenbaren und in Folge des Widerstandes, welcher die Luftmassen bei ihrer Bewegung an den Unregelmäßigkeiten der Erdoberfläche finden, wird sich diese Abnahme im Sommer und die Zunahme im Winter in den Gegenden, welche weiter von dieser Grenze entfernt sind, schwächer zeigen.

*) Vorlesungen üb. Meteor. S. 324.

Daher ist diese Differenz zwischen dem Druck der trockenen Luft im Sommer und Winter in höheren Breiten kleiner als am Aequator.

Die unregelmäßigen Veränderungen des Luftdruckes an einzelnen Beobachtungsorten, d. h. diejenigen, welche nicht eine wiederkehrende Periode zeigen, weil sie nicht auf eine periodisch wirkende Ursache (wie der Gang der Tages- und der Jahreswärme) sich zurückführen lassen, haben im Allgemeinen dieselben Ursachen wie die regelmäßigen Veränderungen in der Temperatur und in der Dampferzeugung, sowie die sich vielfach begegnenden Luftströmungen in der Atmosphäre. Die unregelmäßigen Schwankungen des Barometers sind im Allgemeinen desto größer an einem Orte, je weiter derselbe vom Aequator entfernt ist. Um vergleichbare Bestimmungen über die an den verschiedenen Orten vorkommenden Schwankungen zu erhalten, pflegte man früher aus mehrjährigen Beobachtungen den niedrigsten von dem höchsten beobachteten Barometerstande abzuziehen. Später bestimmte man den Unterschied des höchsten und niedrigsten Barometerstandes in den einzelnen Monaten. Auf diese Weise entdeckte man, daß die Oscillationen um so geringer ausfielen, je größer die mittlere Temperatur der Luft war. Will man sich gleich bleibendere Bestimmungen für die einzelnen Monate holen, so muß man aus mehrere Jahre lang fortgesetzten Beobachtungen aus den Differenzen, welche den einzelnen Monaten entsprechen, die arithmetischen Mittel nehmen. Man weiß dann, innerhalb welchen Grenzen in den einzelnen Monaten die Oscillationen des Barometers zu liegen pflegen. Nimmt man aus den Bestimmungen, die auf diese Art für alle zwölf Monate gefunden sind, das Mittel, so erhält man die mittleren Grenzen, zwischen denen der Stand des Barometers sich in einem Monate (im Allgemeinen) befindet. Diese Größe nennt Kämtz*) die mittlere monatliche Barometer-Oscillation. Da die wirklichen höchsten und niedrigsten Barometerstände nur dann aufgezeichnet werden könnten, wenn das Barometer unausgesetzt beobachtet würde, so könnte man derartige Bestimmungen nur erst dann auf eine vollkommen genügende Weise erhalten, wenn es gelänge, ein dem Standpunkte der Wissenschaft entsprechendes Maximum- und Minimum-Barometer herzustellen.

Wenn in Folge irgend einer localen Ursache über einer Gegend der Luftdruck sehr gering ist, so muß nothwendig aus denjenigen Orten, über denen ein höherer Luftdruck herrscht, die Luft nach jener Gegend hin strömen, d. h. es müssen Winde entstehen. Man hat deshalb in dem ungewöhnlichen Sinken des Barometers ein Vorzeichen von Winden und Stürmen erkannt und hat für verschiedene Orte denjenigen Barometerstand zu bestimmen gesucht, welcher den Richtungen der Winde entspricht. Weiteres hierüber s. in dem Art. Wind.

Auf die durch Temperaturverschiedenheiten bedingten in Zusammenhang mit den Windesrichtungen stehenden unregelmäßigen täglichen Schwankungen sind sowohl die Jahreszeiten als auch die geographische Lage von Einfluß. Kämtz **) weist dies an folgender von ihm berechneten Tabelle nach, in welcher die Beobachtungen derselben Stunde von einem Tage zum andern genommen sind, so daß die

---

*) Vorlesungen üb. Meteor. S. 326.
**) Ebendas. S. 337.

Tabelle die Differenz des Barometerstandes von Tag zu Tag in Par. Linien enthält. Die Angaben für Rio Janeiro (auf der südlichen Hemisphäre gelegen) sind so geschrieben, daß die für den Juli gefundenen unter Januar gestellt worden.

Monat	Santa Fé de Bogota	Calcutta	Bagdad	Rio Janeiro	St. Bernhard	St. Gotthard	Mafra	Genf	Mailand	Padua	Ofen	Rochelle	Cambridge Massachusetts	Stafford Island
Januar	0,249	0,362	1,018	0,951	1,253	1,360	1,81	1,867	1,296	1,828	1,831	2,126	3,370	3,464
Februar	0,244	0,364	1,083	0,845	1,254	1,267	1,45	1,722	1,672	1,680	1,648	2,038	2,647	2,781
März	0,222	0,453	1,400	1,131	1,300	1,220	1,44	1,690	1,576	1,758	1,815	2,045	2,238	3,153
April	0,212	0,431	0,662	0,763	1,058	1,067	1,43	1,215	1,608	1,363	1,416	1,216	2,596	2,147
Mai	0,244	0,495	0,518	0,828	0,792	0,818	0,90	1,027	0,929	1,000	1,044	1,220	1,695	1,686
Juni	0,164	0,626	0,617	0,670	0,836	0,767	0,63	0,835	1,001	0,922	0,935	1,050	1,270	1,584
Juli	0,190	0,406	0,570	0,608	0,806	0,794	0,62	0,880	0,690	0,963	0,849	1,114	1,476	1,300
August	0,142	0,447	0,457	0,469	0,730	0,723	0,74	0,828	0,932	0,772	0,835	1,275	1,363	2,038
September	0,222	0,472	0,516	0,578	0,930	0,897	0,74	1,038	1,293	1,096	1,057	1,499	1,725	2,304
October	0,181	0,422	0,584	0,647	1,035	0,958	0,94	1,230	1,678	1,208	1,449	1,653	2,056	2,146
November	0,217	0,243	0,741	0,747	0,945	1,087	1,27	1,278	1,238	1,427	1,315	1,689	2,592	2,995
December	0,286	0,249	0,712	0,736	1,254	1,294	1,76	1,530	1,519	1,501	1,430	1,365	3,062	3,127
Jahr	0,214	0,414	0,740	0,748	1,000	1,017	1,144	1,262	1,286	1,293	1,300	1,524	2,174	2,394

Die Schwankungen sind überall im Sommer viel kleiner als im Winter. Nur die einjährigen Beobachtungen in Calcutta geben abweichende Resultate, wahrscheinlich in Folge der Aufregung, welche zur Zeit der S. W. Moussons in der Atmosphäre in diesen Gegenden herrscht. Vergleicht man mit den Angaben der obigen Tabelle die entsprechenden Temperaturdifferenzen von Tag zu Tag, so zeigt sich, daß auch diese in den Sommermonaten viel kleiner ausfallen, als in den Wintermonaten. Es zeigt sich auch, daß in der Nähe des Aequators die Schwankungen viel geringer sind als in höheren Breiten, indem dort auch die Temperaturschwankungen kleiner sind als hier. Die Angaben für den St. Bernhard und St. Gotthard zeigen endlich, daß bei gleicher geographischer Lage die Schwankungen desto kleiner sind, je höher der Beobachtungsort liegt, und es ist gewiß, daß auch die Temperaturschwankungen immer kleiner werden, je höher man sich in der Atmosphäre erhebt. Bei näherer Vergleichung findet man, daß jene Schwankungen sich nahe verhalten wie die mittleren Barometerstände.

Wenn man in einer längeren Reihe von Beobachtungen den Unterschied zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Barometerstande eines jeden Monates aufsucht, so erkennt man nächst dem Einflusse der Jahreszeiten, namentlich auch die klimatischen Einflüsse. Solche Angaben der mittleren monatlichen Oscillationen für eine Reihe von Orten hat Kämtz*) in folgender Tabelle zusammengestellt und damit die Angaben für Winter und Sommer verbunden.

*) Vorlesungen üb. Meteor. S. 339.

Ort	Breite	Länge	Jahr	Winter	Sommer
Batavia	6° 12′ S.	106° 54′ O.	1,32	1,24	1,20
Tivoli, St. Domingo .	18 35 N.	70 0 W.	1,82	2,20	1,47
Seringapatam . . .	12 45 N.	76 51 O.	2,45	2,27	2,23
Havanna	23 9 N.	82 23 W.	2,83	4 27	1,70
Calcutta	22 34 N.	88 29 O.	3,67	3,02	4,01
Teneriffa	28 20 N.	16 16 W.	3,76	5,63	2,00
Isle de France . . .	20 9 S.	57 30 O.	3,82	3,10	3,50
Aleppo	36 11 N.	36 50 O.	4,03	6,30	2,47
Cairo	30 2 N.	31 19 O.	4,10	5,73	2,10
Funchal Madera . .	22 37 N.	16 56 W.	4,62	6,20	2,76
Bagdad	33 20 N.	44 25 O.	4,63	6,13	3,81
Capstadt	33 55 S.	18 24 O.	5,52	6,68	4,34
New-Harmony, Indiana	38 11 N.	87 55 W.	7,27	10,15	3,94
Peking	39 45 N.	116 28 O.	7,38	7,50	5,13
Paramatta, N.S.Wales	33 49 N.	151 1 O.	7,50	7,70	6,97
Lausanne	46 31 N.	6 45 O.	7,57	9,40	5,37
Bermuda	32 15 N.	60 W.	7,58	9,07	6,99
Rom	41 53 N.	12 28 O.	7,60	10,16	4,40
Marseille	43 18 N.	5 22 O.	7,84	10,23	7,73
St. Gotthard . . .	46 0 N.	8 35 O.	7,96	10,09	5,80
Montpellier	43 36 N.	3 53 O.	7,99	10,23	5,70
Turin	45 4 N.	7 35 O.	8,02	10,01	5,43
Mantua	45 10 N.	10 48 O.	8,04	10,90	6 27
Pyschminsk	57 0 N.	78 50 O.	8,42	9,50	5,76
Dijon	47 19 N.	5 2 O.	8,48	11,30	5,07
Mailand	25 28 N.	9 12 O.	8,53	11,04	5,48
Ofen	47 30 N.	19 3 O.	8,83	11,37	5,80
Augsburg	48 22 N.	10 54 O.	9,01	11,23	6,29
Wien	48 13 N.	16 23 O.	9,10	11 87	5,77
Mühlhausen, Elsaß .	47 49 N.	7 10 O.	9,15	12,30	5,77
München	48 8 N.	10 34 O.	9,19	12,08	6,18
Metz	49 7 N.	6 10 O.	9,22	11,63	6,20
Prag	50 5 N.	14 25 O.	9,55	12,11	6,50
Regensburg	49 1 N.	9 O.	9,60	12 25	6,64
Bordeaux	44 50 N.	0 34 W.	9,61	13,00	6,23
Kamyschin	50 5 N.	45 24 O.	9,69	12,07	7,18
Straßburg	48 35 N.	7 45 O.	9,72	12,57	6 42
Nantes	47 13 N.	1 33 W.	10,16	12,77	6,80
Arnstadt	50 50 N.	10 57 O.	10,20	12,33	7,24
Breslau	51 7 N.	17 2 O.	10,26	12,93	6,77
la Rochelle	46 9 N.	1 10 W.	10,27	14,07	7,00
Paris	48 50 N.	2 20 O.	10,49	13,50	7,61
Mannheim	48 29 N.	8 28 O.	10,49	13,77	7,29
Moskau	55 46 N.	37 33 O.	10,66	13,88	6,91
Sitcha	57 3 N.	138 0 W.	10,86	11,45	7,62
Sagan	51 42 N.	15 22 O.	10,89	13,93	7,35
Fort Churchill . . .	58 47 N.	94 4 W.	10,09	13,62	8,33
Berlin	52 31 N.	13 22 O.	11,19	14,66	7,68
Hamburg	53 33 N.	9 59 O.	11,25	14,27	7,63
New-Haven, Connecticut	41 10 N.	72 30 O.	11,21	14,71	6,41
Penzance	50 12 N.	5 32 W.	11,27	14,77	8,28
Brüssel	52 31 N.	4 22 O.	11,37	14,47	8,38
Cambridge, Massachusets	42 23 N.	72 17 W.	11,37	14,34	7,61
New-Bedford, Massachusets	41 59 N.	71 50 W.	11,37	14,83	7,32
Göttingen	51 32 N.	9 55 O.	11,41	14,19	7,78

Ort	Breite	Länge	Jahr	Winter	Sommer
Jakutzk	62° 2′ N.	129° 42′ O.	11,49	11,40	9,04
Tomsk	59 39 N.	83 10 O.	11,53	14,00	7,83
Catharinenburg . . .	56 50 N.	60 35 O.	11,82	15,43	8,72
Bristol	51 27 N.	2 35 W.	11,86	15,13	8,83
Haag	52 5 N.	4 19 O.	11,95	15,47	8,13
Copenhagen	55 41 N.	12 34 O.	12,31	15,29	8,88
London	51 31 N.	0	12,36	15,59	9,01
Franecker	52 36 N.	4 19 O.	12,38	15,14	9,87
Gosport	50 48 N.	1 6 W.	12,72	15,41	9,37
Middelburg	51 30 N.	3 37 O.	12,85	17,04	8,88
Iluluk, Unalaschka . .	53 53 N.	168 29 W.	12,85	15,46	8,52
Petersburg	59 56 N.	30 19 O.	12,96	16,37	8,85
Torneå	65 51 N.	24 10 O.	13,19	17,03	9,58
Stockholm	59 21 N.	18 3 O.	13,24	16,83	9,80
Åbo	60 27 N.	22 20 O.	13,28	16,49	8,76
Upsala	59 52 N.	17 39 O.	13,37	16,35	9,50
Bergen	60 24 N.	5 21 O.	13,86	16,46	10,08
Nain, Labrador . . .	57 8 N.	61 20 W.	14,34	18,00	10,83
Umeo	63 50 N.	20 15 O.	14,36	17,51	9,78
Christiania	59 55 N.	10 49 O.	14,65	18,56	9,78
Näs, Island	64 30 N.	20 15 W.	15,92	. . .	. . .

Die unregelmäßigen Aenderungen des Luftdruckes werden, wie man sieht, desto bedeutender, je weiter man sich von dem Aequator entfernt. Ueberdies zeigt sich ein Einfluß der geographischen Länge. Obschon Hindostan mit den westindischen Inseln in nahe gleicher Breite liegt, so sind dort die Schwankungen bedeutend größer. In höheren Breiten dagegen zeigt sich ein anderes Verhältniß. Es sind nämlich diese unregelmäßigen Bewegungen im Luftdrucke an der Ostküste America's weit größer als an der Westküste Europa's, und zwar scheint die Differenz dieser Verhältnisse etwa in der Gegend am größten zu sein, wo sich der Golfstrom nach Osten wendet und wo die Isothermen sehr gedrängt an einander liegen. So sind die Schwankungen im Staate Massachusets (42° N.), etwa eben so groß als in einer 10° nörlicher liegenden Gegend des westlichen Europa's; aber beim Uebergange nach dem Innern des alten Continentes nehmen die Schwankungen immer mehr ab und scheinen dann wieder gegen die Ostküste Asiens zu wachsen. So sind die Schwankungen in Göttingen (51° 32′ N., 9° 55′ O.), Tomsk (59° 39′ N., 83° 10′ O.) und Irkutzk (62° 2′ N., 129° 42′ O.) sehr nahe gleich. An der Westküste America's scheint diese Größe bei einerlei Breite ungefähr ebenso groß als im westlichen Europa zu sein, wie die Messungen in Sitcha und Iluluk beweisen, dagegen im Innern America's etwas kleiner als an beiden Küsten. (Kämtz.) Wenn man auf einer Karte die Orte verbindet, von denen dieses Element (die mittlere monatliche Oscillation) dieselbe Größe hat, so bekommt man ziemlich regelmäßige Linien, welche Kämtz isobarometrische Linien genannt hat. So ist z. B. die isobarometrische Linie von 2‴ diejenige Curve, welche alle diejenigen Orte verbindet, an denen der mittlere Unterschied zwischen den monatlichen Barometerextremen 2‴ beträgt.

Leiten wir aus den vorhandenen Größen die Breiten her, in denen die isobarometrischen Linien von 2,4.... Pariser Linien die verschiedenen Meridiane durchschneiden, so ergiebt sich folgende Tafel:

Isobarometrische Linien von	Oestliches America	Westliches Europa	Deutschland und Italien	Rußland	Hindostan und Sibirien
2‴	15° 33′	15° 9′	21° 15′	23° 36′	. . . . . .
4	23 55	26 17	29 38	31 51	23° 36′
6	30 27	34 4	36 43	39 2	35 29
8	36 14	42 14	43 18	45 51	46 34
10	41 40	47 8	49 48	52 43	57 55
12	46 58	51 4	56 34	60 5	72 23
14	52 21	57 47	64 6	68 50	. . . . . .
16	58 1	65 22	73 48	83 38	. . . . . .

Drücken wir diese Zahlengrößen in Worten aus, so ergeben sich folgende Gesetze:

1) Die Oscillationen des Barometers am Aequator sind sehr klein; könnten wir dieselben so bestimmen, daß der Einfluß der regelmäßigen Bewegungen während des Tages und Jahres entfernt würde, so fänden wir vielleicht kaum die Größe von einer Linie. Im indischen Meere jedoch sind sie etwa doppelt so groß als bei gleicher Breite in anderen Gegenden, eine Folge von der großen Aufregung, welche sich hier beim Wechsel der Moussons in der Atmosphäre zeigt.

2) Die isobarometrische Linie von 2‴ schneidet Nordamerica in der Hondurasbai, geht von hier ziemlich genau nach Osten, erreicht Africa nördlich vom grünen Vorgebirge, hebt sich dann nach Norden, geht in der Nähe von Assuan in Aegypten fort, senkt sich später nach Süden gegen den Aequator, welchen sie etwas westlich von dem Meridian erreicht, welcher durch die Südspitze von Hindostan geht, und wendet sich nun in der südlichen Halbkugel wieder gegen Westen.

3) Die isobarometrische Linie von 4‴ schneidet die Ostküste America's östlich von Zacatecas, hebt sich von hier nach Norden, erreicht die Westküste Africa's zwischen dem Cap Bojador und den canarischen Inseln, geht durch den nördlichen Theil von Fezzan, das Delta des Nils, zwischen Bagdad und Bassora hindurch, senkt sich dann stark nach Süden und geht in der Nähe von Calcutta vorbei.

4) Die isobarometrische Linie von 6‴ berührt den nördlichen Theil des mexicanischen Meerbusens, erreicht das alte Festland im nördlichen Theile von Fez, geht durch Sicilien, erreicht in der Nähe des caspischen Meeres ihren nördlichen Scheitel und senkt sich weiter östlich nach Süden.

5) Die isobarometrische Linie von 8‴ geht durch den südlichen Theil der Chesapeake-Bai, hebt sich schnell gegen Norden, läuft durch den nördlichen Theil der pyrenäischen Halbinsel, und dieses Aufsteigen nach Norden scheint bis ins Innere Asiens fortzudauern.

6) Die isobarometrische Linie von 10‴ schneidet die Ostküste America's in der Nähe von Boston, die Westküste Europa's nördlich von der Mündung der Loire, steigt von hier immer weiter nördlich und erreicht ihren höchsten nördlichen Scheitel in der Nähe von Krasnojarsk in Sibirien, worauf sie sich weiter nach Süden senkt.

7) Die isobarometrische Linie von 12‴ schneidet die Ostküste America's in Neu-Braunschweig, erreicht die Westküste von Europa in der Nähe von London,

geht durch den südlichen Theil von Schweden zwischen Nowgorod und Petersburg hindurch, und scheint beim heiligen Vorgebirge (C. Taimura) die Küste des sibirischen Eismeeres zu erreichen. Im Innern von America läuft diese Linie mehrere Grade nördlich vom Fort Churchill fort, senkt sich bei ihrem weitern Verlaufe nach Westen gegen Süden und scheint mehrere Grade nördlich von Sitcha fortzulaufen, indem hier die beobachtete Größe noch nicht 11''' beträgt, dann aber senkt sie sich schneller nach Südwesten und läuft südlich von Unalaschka fort, wo diese Größe nahe 13''' erreicht.

8) Die isobarometrische Linie von 14''' geht durch den südlichen Theil von Labrador, den nördlichen Theil von Schottland, das südliche Norwegen, läuft nördlich von Malo fort und bewegt sich von hier schnell nach Norden.

9) Fehlen gleich umfassende Messungen in höheren Breiten, so zeigen doch die wenigen vorhandenen Größen und der Verlauf der isobarometrischen Linien, daß wir auch hier ebenso wie bei den Isothermen zwei in sich zurücklaufende Systeme von Linien haben. Aber die Mittelpunkte dieser beiden Systeme, gleichsam die Pole der unregelmäßigen Bewegungen des Barometers, entsprechen nicht wie die Kältepole den beiden großen Continenten, sondern den beiden zwischenliegenden Meeren.

10) Im südlichen Africa und Neuholland ist die Größe dieser Schwankungen ungefähr so groß als im westlichen Europa, aber die isobarometrischen Linien scheinen sich bei ihrer Bewegung vom Vorgebirge der guten Hoffnung nach Neu-Holland dem Aequator zu nähern, eine Folge von der schon mehrfach erwähnten großen Aufregung der Atmosphäre im indischen Meere*).

Die regelmäßige Verminderung des Luftdruckes bei der Erhebung in die Atmosphäre wird zur Höhenmessung (s. d. Art.) benutzt und das Barometer ist daher ein sehr wichtiges Meßinstrument. Bei diesen Messungen bestimmt man die Erhebung eines Ortes über dem Meeresspiegel; und um die Messung mit dem Barometer vollziehen zu können, muß man daher genau den Stand des Barometers, d. h. den Luftdruck am Meeresspiegel kennen. Lange Zeit nahm man an, daß überall der Druck der Atmosphäre auf den Spiegel des Meeres im Mittel, d. h. abgesehen von den regelmäßigen und unregelmäßigen Schwankungen, derselbe sei. Die Erfahrung hat jedoch bewiesen, daß dieses keineswegs der Fall sei. Nach den Untersuchungen von Kämtz**), Schouw***), Erman†), Herschel††), Muncke†††) und Poggendorf+) haben sich (nach Kämtz) folgende Resultate der Beobachtung herausgestellt:

1) Im Allgemeinen können wir annehmen, der mittlere Barometerstand betrage am Meere 337''',5.

---

*) Kämtz, Vorles. üb. Meteorol. S. 342—344.

**) Lehrb. der Meteor. Bd. II. S. 290.

***) Comptes rendus de l'Acad. des scienc. T. II. p. 573. Pogg. Ann. Bd. XXVI. S. 395.

†) Beobachtungen der Größe des Luftdruckes über dem Meere und von einer sehr bestimmten Beziehung dieses Phänomens zu den geogr. Coordinaten der Orte. Pogg. Ann. Bd. XXIII. S. 121. — Schumacher's Jahrb. für 1840. Vergl. Schouw, über diese Gegenstände. Pogg. Ann. Bd. XXVI. S. 406—435.

††) Pogg. Ann. Bd. XXXVII. S. 251.

†††) Gehler. N. A. Bd. VI. S. 1907.

+) Pogg. Ann. Bd. XXXVII. S. 468. Bd. XLII. S. 479.

2) Am Aequator ist diese Größe etwas kleiner, indem sie etwa 336''' oder nur wenig mehr beträgt.

3) In einer Breite von etwa 10° fängt der Luftdruck an allmälig zu steigen und erreicht in einer Breite von 30 bis 40 Grad seinen größten Werth, indem er hier etwa 338 bis 339''' beträgt.

4) Er nimmt nun wieder ab und beträgt in der Breite von 50° nur etwa 337, in der Breite von 60° etwa 336 Linien und scheint im hohen Norden nach den wenigen vorhandenen Messungen nur etwa 335 Linien zu betragen.

Bei seinen Untersuchungen über den mittleren Luftdruck am Niveau des Meeres hat Poggendorff darauf aufmerksam gemacht, wie nothwendig es sei, bei Barometerbeobachtungen, welche zu vergleichenden Bestimmungen für verschiedene Breiten dienen sollen, eine Schwere-Correction anzubringen. In den verschiedenen Breiten ist bekanntlich das absolute Gewicht eines Körpers verschieden und also auch das des Quecksilbers. Die Länge einer Quecksilbersäule an verschiedenen Orten ist nur nur dann dem von dieser Säule ausgeübten (oder dem ihr das Gleichgewicht haltenden) Drucke proportional oder ein Maß derselben, wenn das Quecksilber (constante Temperatur desselben vorausgesetzt) immer in gleicher Weise von der Schwerkraft afficirt wird. Die Correction hat also den Zweck, die Längen der bei ungleicher Schwerkraft beobachteten Quecksilbersäulen auf diejenigen zurückzuführen, welche stattfinden würden, wenn die Schwerkraft überall dieselbe wäre. Drückte die etwas weniger als ein Milliontheil der Erdmasse betragende Atmosphäre überall gleich stark auf ihre flüssige Grundlage den Meeresspiegel, so würde wegen der Abnahme der Schwere von dem Pole nach dem Aequator hin, das Product aus der Pendellänge in den Barometerstand für alle Breiten dasselbe sein. Bezeichnet man unter der Breite φ die Pendellänge mit l, den Barometerstand, unter der Voraussetzung, überall gleichen Druckes, mit b, so wird, wenn nach Schmidt *)

$l = l_0\,(1 + 0{,}0052005 \sin^2\varphi)$ ist, dann $b = b_0 \left(\frac{1}{1 + 0{,}0052005 \sin^2\varphi}\right)$

werden. Wäre empirisch der mittlere Druck p der Atmosphäre bekannt, so würde, wenn dieser unter der Breite $\varphi_{,}$ stattfände, der unter irgend einer anderen Breite $\varphi_{,,}$ unter der Voraussetzung überall gleichen Druckes, zu erwartende Barometerstand durch folgende Gleichung gegeben: $b_{,,} = p \left(\frac{1 + 0{,}0052005 \sin^2\varphi_{,}}{1 + 0{,}0052005 \sin^2\varphi_{,,}}\right)$. Vergliche man den so berechneten Werth mit dem wirklich beobachteten, so würde man aus dem Unterschiede beider unmittelbar erfahren, ob der atmosphärische Druck an jenem Orte den normalen überträfe oder hinter ihm zurückbliebe. Obgleich wir nun den mittleren Druck der Atmosphäre nicht genau kennen, so läßt sich doch aus den bisherigen Beobachtungen entnehmen, daß der unter der Breite von 45° zu erwartende normale, zwischen 334''' und 338''' fallen wird. Dann würde der unter jeder andern Breite stattfindende sein: $b = b_{45}\,(1 - 0{,}0025935 \cos^2\varphi)$. Die folgende Tafel enthält die unter dieser Voraussetzung von Poggendorff berechneten Werthe.

*) Mathemat. Geographie. S. 381

Schwere-Correction

unter 45° substractiv, über 45° additiv.

Breite	Barometerstand 338'''	334'''	Breite	Breite	Barometerstand 338'''	334'''	Breite
— 0	0,874	0,864	90	— 23	0,608	0,601	67
— 1	0,873	0,863	89	— 24	0,586	0,579	66
— 2	0,872	0,862	88	— 25	0,563	0,556	65
— 3	0,870	0,859	87	— 26	0,539	0,532	64
— 4	0,866	0,856	86	— 27	0,514	0,508	63
— 5	0,861	0,851	85	— 28	0,489	0,484	62
— 6	0,855	0,845	84	— 29	0,464	0,459	61
— 7	0,848	0,838	83	— 30	0,438	0,433	60
— 8	0,840	0,830	82	— 31	0,411	0,406	59
— 9	0,832	0,822	81	— 32	0,384	0,379	58
— 10	0,822	0,812	80	— 33	0,356	0,352	57
— 11	0,811	0,801	79	— 34	0,328	0,325	56
— 12	0,799	0,789	78	— 35	0,300	0,296	55
— 13	0,786	0,777	77	— 36	0,271	0,267	54
— 14	0,772	0,763	76	— 37	0,242	0,239	53
— 15	0,757	0,749	75	— 38	0,212	0,210	52
— 16	0,741	0,733	74	— 39	0,182	0,181	51
— 17	0,725	0,716	73	— 40	0,152	0,150	50
— 18	0,708	0,699	72	— 41	0,122	0,121	49
— 19	0,690	0,682	71	— 42	0,092	0,090	48
— 20	0,670	0,662	70	— 43	0,062	0,060	47
— 21	0,650	0,642	69	— 44	0,031	0,030	46
— 22	0,629	0,622	68	— 45	0,000	0,000	45

Da der Unterschied zwischen jenen beiden Annahmen höchstens 0''',01 beträgt, eine Größe, bis zu welcher die mittlere Barometerhöhe keines Ortes mit Sicherheit verbürgt werden kann, so kann man sich dieser Tafel bei der Vergleichung der wirklich beobachteten barometrischen Mittel mit der so berechneten bedienen, d. h. an jedes beobachtete Mittel die in der Tafel gegebene entsprechende Verbesserung anbringen*).

Schouw giebt folgende Bestimmungen über die Vertheilung des atmosphärischen Druckes auf der Oberfläche des Meeres aller Zonen.

Zwischen 0° und 15° Breite 337''' bis 338'''
" 15° " 30° " 338''' " 339'''
" 30° " 45° " 339''' " 337''',5
" 45° " Polarkreis 337''',5 " 333'''.

Die zuverlässigsten Beobachtungen über die mittleren Barometerstände hat Schouw in der folgenden Tafel zusammengestellt. Es bezeichnet in derselben h.? eine Unsicherheit in Beziehung auf die Correction wegen der Höhe, t.? eine Unsicherheit in Bezug auf die Correction wegen der Temperatur. Hinzugefügt sind noch unter corr. die von Poggendorff in Bezug auf die Schwere in der angegebenen Weise corrigirten Barometerstände, so also, daß die Schwere unter 45° als die normale angenommen ist.

*) Dove's Repert. Bd. IV. S. 232.

	Breite	Barometer	corr.		Beobachter	Zeit
Spitzbergen	75½	335,47	336,23	t. ?	Scoresby	6—12 J.
Melwille Insel	74½	335,61	336,35	t. ?	Parry	1 =
Upernawik	73	334,77	335,49	t. ?	Cortsen	11 M.
Godthavn	68	334,03	334,76		Fasting	20 =
Eyafiord		334,35			Graaf	10 =
	66	334,06	334,64		Scheel	2 J.
Godthaab	64	331,23		t. h. ?	Ginge	6 M.
		332,32		h. ?	Wormskiold	6 =
		333,33	333,86		Mühlenpfort	5 J.
Reikiavig	—	333,36	333,89		Thornstensen	12 =
Frederikshaab	62	331,80			Pingel	7 M.
Bergen	60	335,58	336,02		Bohr	4 =
Hardanger	—	335,55	335,99		Herzberg	9 =
Christiania	—	336,30	336,74		Esmark	7 =
—	—	335,91			Hansteen	18 =
Petersburg	—	336,89		t. ?	Euler	20 J.
Stockholm	59½	335,65			Astr.	5 =
Spydberg	—	336,16		h. ?	Wilse	2 =
Sitcha	57	334,90			Tschistjakoff	10 M.
Edinburgh	56	336,09			Playfair	6 J.
Canaan Cottage	—	336,75			Adie	5 =
Coliton House	—	336,13	336,46		Forbes	3 =
Apenrade	55	336,72	337,22		Neuber	5 =
Königsberg	54½	336,95			Astr.	2 =
	—	337,12	337,41		Sommer	8 =
Keswick	—	337,33		t. h. ?	Dalton	5 =
Danzig	—	336,95	337,24		Strehlke	2 =
Kendal	—	336,67		t. h. ?	Dalton	5 =
Manchester	53½	337,82		h. ?	Dalton	25 =
Altona	—	337,09	337,35		Schumacher	6 =
Peterpaulshafen	52½	334,06			Stanitzki	1 =
Delft	52	336,71			v. Swinden	2 =
London	51½	337,33	337,53		Roy. Soc.	7 =
Middelburg	—	336,60			v. der Perre	3 =
Paris	49	337,53	337,65		Bouvard	11 =
Rochelle	46	338,10			Fleur. Bellv.	4 =
Padua	45	337,87	337,87		Astr.	15 =
Bologna	44½	337,87	337,85		Caturegli	5 =
Avignon	44	337,80	337,75		Guérin	10 =
Nizza	—	336,50		h. ?	Risso	20 =
Marseille	43½	337,27			Silvabella	10 =
Florenz	—	337,76	337,71		Inghirami	9 =
Neapel	41	337,94	337,82		Brioschi	7 =
Cagliari	39	337,03			Marmora	3 =
Palermo	38	338,21	338,00		Cacciatore	35 =
Malta	36	336,79			d'Angos	468 W.
Tripolis	33	330,19	339,83	h. ?	Denham	5 M.
Madeira	32½	339,20	338,83		Heineken	2 J.
—		342,66			Sabine	4 W.
Cairo	30	336,41		h. ?	Coutelle	1 J.
Teneriffa	28	338,77	338,28		Escolar	3 =
Gran Canaria	—	339,09			v. Buch	20 T.
Macao	23	338,23	337,62		Richenet	1 J.
Havanna	—	336,99		h. ?	Ferrer	3 =
St. Thomas	19	337,13	336,44		Hornbeck	1 =
Guayra	10	336,98	336,16		Boussingault	12 T.

	Breite	Barometer	corr.		Beobachter	Zeit
Cumana	—	336,28			v. Humboldt	
Christiansburg	5½	336,95	336,09		Trentepohl	22 M.
Timor	—10	336,23			Freycinet	
Peru	—11	337,35			Pentland	
Isle de France	—20	338,92			Freycinet	20 T.
Rio Janeiro	—23	338,69	338,08		Eschwege	3 M.
		339,95			Freycinet	1 „
		337,59		h.?	Dorta	1 J.
Cap	—33	338,24	337,88	h.?	Puhlmann	9 „
Port Famine	53½	331,73			King	7 M.

Mit diesen Angaben können noch folgende Barometerstände in Par. Linien, unreducirt, verglichen werden.

Ort	Breite	Höhe üb. d. Meeresſp.	Temperatur	Mittler Barometerſt.	Zeit der Beobachtung	Beobachter
Kaafjord bei Alten in Finnmarken	69° 55′	0	0°	335‴,200	2¼ J.	Ihle*)
Petersburg	59° 56′	2te St. des Acad. Geb.	0°	336,108	13 J. (1822—34)	Wischnewsky**)
Braunsberg in Preußen	54° 22′	70′	0°	335,831	1 J. (1836)	Feldt***)
Brüſſel	50° 51′	?	0°	335,234	7 J. (1833—39)	Quetelet †)
Plymouth	50° 22′	75 n. F.	0°	335,424	3 J.	
Karlsruhe	49° 0′	358′	10° R.	334,026		Eiſenlohr ††)
St. Johns in New-Fundland	47° 34′	0	?	336,720	5 J.	Templeman †)
Cambridge in Maſſachuſets	42° 22′	31′	55° F.	337,644	22 J.	Farrar †)
New-York	40° 42′	0	69° F.	338,652	7 J. (1833—39)	Redfield †)

Auffallend iſt, daß, während der Luftdruck von etwa 40° bis zu 64° ſinkt, von 66° bis zu 75½° ein abermaliges Steigen deſſelben ſtatt zu finden ſcheint.

Zur Erklärung der merkwürdigen Vertheilung des atmoſphäriſchen Luftdruckes läßt ſich Folgendes bemerken. Ueber dem Aequator ſteigen fortwährend Ströme von erwärmter und alſo verdünnter Luft empor, die Atmoſphäre erhöht ſich und fließt ſeitwärts nach den Polen zu ab. Hier iſt alſo natürlich der Luftdruck geringer, und wenn ſchon in Folge der Verdünnung der Luft unterwärts die kältere und dichtere Luft von den Seiten hereinſtrömt, ſo vermag doch dieſe, weil ſie ſelbſt ſchon beim Herbeiſtrömen wieder erwärmt und ausgedehnt wird, nicht den Luftdruck ſo zu erhöhen, daß nicht das Barometer in den Aequtoreal-Gegenden einen etwas niedrigeren Stand als in einem gewiſſen Abſtande davon haben ſollte. In einer

*) Pogg. Ann. Bd. LVIII. S. 337.
**) Pogg. Ann. Bd. XXIII. S. 1(9. und Bd. XXX. S. 324, 327.
***) Pogg. Ann. Bd. XLI. S. 539.
†) Dove, Repert. Bd. IV. S. 240. Die in Holland erhaltenen barometriſchen Mittel ſind ausführlich berechnet worden von Wenckebach, Natuur en Scheikundig Archief. T. V. p. 331.
††) Pogg. Ann. Bd. XLI. S. 546, 548, 551.

Breite von etwa 30 Grad erreicht der Barometerstand sein Maximum, der obere S. W. Passat (die von dem Aequator abfließende Luft) und der untere N. O. Passat (die zum Aequator hinströmende Luft), von denen der eine sich zu senken strebt, während der andere sich zu heben sucht, begegnen sich hier, es ensteht eine Anhäufung der Luft und diese macht sich durch Vermehrung des Druckes der Atmosphäre merkbar. Die Abnahme des Luftdruckes in noch höheren Breiten rührt wohl ohne Zweifel von dem Umstande her, daß hier die Dampfentwicklung und der Druck der Dampfatmosphäre ein so ungleich geringerer ist als in den Gegenden in der Nähe des Aequators. Hätten wir nur eine trockene Gasatmosphäre, so würde in dieser der Druck vom Aequator bis zu den Polen gleichmäßig zunehmen. Der Barometerstand ist überall ein Gesammtproduct, sowohl der Gasatmosphäre als der Dampfatmosphäre. Während nun diese zur Erhöhung des Barometerstandes in den warmen Gegenden sehr bedeutend beiträgt, so verliert sich ihr Einfluß fast ganz in den kalten Gegenden nach den Polen hin. Man kann sich hierbei auf folgende von Kämtz angegebenen Zahlbestimmungen stützen. Der Druck des Dampfes am Aequator kann ungefähr auf 11 Linien angenommen werden, in einer Breite von 35° etwa zu 6,5 Linien und in einer Breite von 70° zu etwa 2 Linien. Wenn man diese Größen von den in diesen Breiten beobachteten Barometerständen zu 336, 338,5 und 335 Linien subtrahirt, so stellen sich als Druck der Gasatmosphäre die Barometerstände von 325, 332, 333 Linien dar, also eine Zunahme des atmosphärischen Druckes von dem Aequator nach den Polen hin, wobei aber immer noch eine auffallende Verstärkung des Druckes an der Grenze der Passate sich geltend macht.

Poggendorff*) schätzt den mittleren Druck der Atmosphäre am Meeresspiegel im Allgemeinen zu 337,80 Par. Linien (reducirt auf 0 und auf die Schwere unter 45° Br.), welcher Druck derjenige sein würde, welcher unter 45° Breite beobachtet wird. Hiernach betrüge denn der atmosphärische Druck auf ein Quadratcentimeter 1036,07 Gramme, auf einen Par. Quadratzoll 16,2325 Pfd. preuß. Bei allen Messungen, bei denen man den Druck der Atmosphäre zur Einheit annimmt, z. B. bei Bestimmung der Spannkraft der Wasserdämpfe, nimmt man jedoch die Größe dieses Druckes, der Bequemlichkeit wegen, in runden Zahlen ausgedrückt anders an, in Frankreich zu 760 Millimeter (336,905 Par. Lin.), in England zu 30 engl. Zoll (337,784 Par. Lin.), in Deutschland meistens zu 28 Zoll oder 336 Par. Lin. Nach letzter Annahme beträgt der Druck auf ein Quadratcentimeter 1030,55 Gramme, auf einen Par. Quadratzoll 16,1461 preuß. Pfd.

Schon im J. 1806 machte der schwedische Hydrograph Schulten**) an der Ostsee die interessante Bemerkung, daß die Veränderungen im Wasserstande unverkennbar mit denen des Luftdruckes im Zusammenhange stehen und zwar so, daß wenn letzterer steigt, ersterer sinkt und umgekehrt. Der ungleiche Druck der Atmosphäre drückt, wie Schulten sagt, die Wasserfläche bald nieder, bald erhöht er sie. Stellen wir uns eine weit ausgebreitete Wasserfläche vor, über welcher eine Luftmasse ruht, welche überall, wo sie die Wasserfläche berührt, mit demselben Gewicht auf dieser lastet, so muß die Wasserfläche vollkommen eben sein. Wird aber

*) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 544.

**) Konigl. Svenska Vet. Acad. Nya Handl. 1806. p. 97 f. Gilb. Ann. Bd. XXXVI. S. 314.

nun dieser Druck an einer einzelnen Stelle geringer, während ringsum der höhere Druck fortbesteht oder sogar sich vermehrt, so muß hierdurch nothwendig das Wasser aus seiner Gleichgewichtsstellung herausgebracht werden, es muß sich das Niveau desselben da erheben, wo der Druck verhältnißmäßig schwächer geworden ist und es muß da sinken, wo dieser Druck verhälnißmäßig größer geworden. Auf den Landseen hat man eine ähnliche Beobachtung plötzlichen Aufsteigens und Niedersinkens eines Theiles der Wasserfläche gemacht und bemerkt, daß diese Anschwellungen mit den Barometerveränderungen in Zusammenhang stehen. Am auffälligsten sind dieselben auf dem Genfersee, wo sie unter dem Namen seiches bekannt sind. Innerhalb 15 bis 20 Minuten steigt die Wasserfläche zuweilen um 3, 4 und selbst 5 Fuß. An Stellen, wo der See sich verengert, sind die Seiches am stärksten. Die Seiches werden von den Fischern als Vorzeichen von Wetterveränderungen betrachtet, ebenso wie die Anschwellungen der Ostsee von der Küstenbewohnern und die Schwankungen des Barometers von aller Welt. Die Seiches sind offenbar im Kleinen, was die Anschwellungen der Ostsee im Großen sind und locale Verhältnisse begünstigen dieselben, namentlich die beschränkten und dabei energischen Luftströmungen in Gebirgsgegenden und die Verengerungen des Wasserspiegels, denn es ist klar, daß, wenn eine Wassermasse durch Veränderung des Luftdruckes in eine Engung hineingetrieben wird, hier das Wasser schneller und höher aufsteigen muß, als wenn sich die Wirkung auf eine ausgebreitetere Wasserfläche erstreckt. Vaucher *) hat schon im Anfange dieses Jahrhunderts die richtige Erklärung der Seiches gegeben. Die Beobachtungen von Schulten haben neuerdings ihre Bestätigung gefunden durch Erfahrungen, welche Daussy **) im Hafen Lorient an der Westküste Frankreichs gemacht. Hundert und funfzig Bestimmungen des mittleren Meeresspiegels (Mittel aus zwei auf einander folgenden Fluthhöhen und dem dazwischen liegenden Ebbestande) mit den gleichzeitig beobachteten Barometerständen lieferten ihm folgende Beziehung zwischen beiden:

Barometerstand	$0^m,7457$	Mittl. Meeresspiegel	$3^m,597$
"	0,7529	" "	2,926
"	0,7565	" "	2,854
"	0,7605	" "	2,796
"	0,7652	" "	2,257

Zu den regelmäßigen Schwankungen im Luftdrucke gehören auch diejenigen, welche eine Folge der Anziehung des Mondes sind und deren Dasein durch die Beobachtungen eben so gewiß dargethan ist, als wir noch nicht im Stande sind, dieselben zu bestimmen. Wenn das Meer durch die Anziehung des Mondes und der Sonne afficirt wird, so muß dieses auch mit der Atmosphäre der Fall sein. Es wird auch eine Ebbe und Fluth (s. d. Art.) der Atmosphäre geben, wie es eine solche des Meeres giebt und sie wird dieselbe Regelmäßigkeit haben, wie diese. Untersuchungen über diesen Gegenstand sind von Laplace ***), Schübler †),

*) Buelletin des sciences de la soc. philom. No. 96. — Gilb. Ann. Bd. XXXIII. S. 339.

**) Ann. de chim. et de phys. T. LXII. p. 304. — Pogg. Ann. Bd. XXXX. S. 138.

***) Ann. de chim. et de phys. T. XXIV. p. 281. Vergl. Pogg. Ann. Bd. XIII. S. 138.

†) Schübler, Untersuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Veränderungen unserer Atmosphäre. Leipz. 1830. — Ders. Bemerkungen über den Einfluß des Mon-

Flauguergues*), Kreil**), Eisenlohr***) und Bouvard†) angestellt worden.

Aus mehr als zwanzigjährigen Beobachtungen zu Viviers, Straßburg, Karlsruhe und Paris hatten die drei letztgenannten gefunden, daß das Barometer am Tage des zweiten Octanten im synodischen Laufe des Mondes am niedrigsten, am Tage des letzten Viertels am höchsten stehe. Der Unterschied zwischen beiden Extremen sollte nach Flauguergues 1,44, nach Eisenlohr 1,38, nach Bouvard 1,025 Millimeter betragen. Bouvard fand auch, daß das Barometer im Perigäum des Mondes um 0,53 Millim. niedriger stehe als im Apogäum. Die neuesten Untersuchungen von Eisenlohr, gründlicher als alle früheren, lassen diese Resultate aber sehr unsicher erscheinen. In folgender Tabelle††) hat er die mittleren Barometerstände der acht Mondphasen vom ganzen Jahre in Millimetern über 750 für Paris, Straßburg und Karlsruhe nach seinen früheren und neuesten Bestimmungen zusammengestellt.

Phase	Paris	Straßburg	Karlsruhe
Neu-Mond	6,081	1,521	4,212
1. Oktant	5,696	1,231	4,369
Erstes Viertel	5,833	1,201	3,282
2. Oktant	5,833	0,634	2,590
Voll-Mond	5,995	1,642	3,363
3. Oktant	5,862	1,468	3,882
Letztes Viertel	6,239	1,694	4,717
4. Oktant	5,969	1,226	4,410
Mittel	5,941	1,249	3,855

Eisenlohr bemerkt zu dieser Tabelle: der höchste Barometerstand fällt in allen drei Städten auf das letzte Viertel, der tiefste aber in Paris schon auf den ersten, in Straßburg und Karlsruhe erst auf den zweiten Oktanten, auch tritt überall im vierten Oktanten ein Fallen des Barometers ein, welchem im Neumond oder

des auf die Witterung in Kastner's Archiv für Chemie und Meteorologie Bd. IV. S. 13. — Ders. Ueber Gronau's Untersuchungen über den Einfluß des Mondes auf die Witterung. Ebendas. Bd. IV. S. 161. — Ders. Resultate 60jähr. Beobachtungen über den Einfluß des Mondes auf die Veränderungen unserer Atmosphäre. Ebendas. Bd. V. S. 225. Vergl. Schweigger's Journ. Bd. LXX. Arago, Unterhaltungen aus dem Gebiete der Naturkunde deutsch v. Remy. Bd. III. S. 55. (Annuaire p. 1833.)

*) Flauguergues, über den Einfluß des Mondes zur Verminderung des Luftdruckes auf die Erde; aus Bibl. univ. Avril 1829. p. 265; in Kastner's Archiv für die ges. Naturlehre. Bd. XVII. S. 32, und in Pogg. Ann. Bd. XII. S. 308.

**) Astron. meteor. Jahrb. f. Prag. I. Jahrg. — Kreil, Versuch den Einfluß des Mondes auf den atmosph. Zustand unserer Erde aus einigen Beobachtungen zu erkennen. Prag 1842.

***) Eisenlohr, über den Einfluß des Mondes auf den Barometerstand ꝛc. nach 27jähr. zu Straßburg angest. Beob. Pogg. Ann. Bd. XXV. S. 141. Ebendas. S. 309. Vergl. Eisenlohr, Untersuch. über das Klima ꝛc. v. Karlsruhe. Karlsruhe 1832. — Ders. über den Einfluß des Mondes auf die Witterung in Pogg. Ann. Bd. XXX. S. 72. — Ders. Untersuch. über das Klima von Paris und die vom Monde bewirkte atmosph. Ebbe und Fluth in Pogg. Ann. Bd. LX. S. 161.

†) Bouvard, Berechnung der vom Monde bewirkten atmosph. Fluth; aus den Mém. de l'acad. roy. des Sc. T. VII. p. 267 in Pogg. Ann. Bd. XIII. S. 137.

††) Pogg. Ann. Bd. LX. S. 188.

ersten Oktanten ein zweites kleineres Maximum folgt; ebenso wird das Steigen des Barometers in Paris und Straßburg im dritten Oktanten durch ein zweites kleineres Minimum unterbrochen. Im Allgemeinen läßt sich hieraus Folgendes entnehmen: 1) die Schwankungen des Barometers während des synodischen Umlaufs des Mondes sind zwar gering, aber immer merklich, und unter den vier Jahreszeiten hat der Sommer die geringsten Schwankungen. 2) Während der Zeit des abnehmenden Mondes steht das Barometer meistens über, und während des zunehmenden Mondes meistens unter dem Mittel; das Maximum des Barometerstandes fällt in das letzte Viertel, das Minimum aber tritt etwas vor oder nach dem ersten Viertel ein, und die Regelmäßigkeit der Ab- und Zunahme wird durch Schwankungen des Barometers unterbrochen, welche zur Zeit des Neumondes und wieder im dritten Oktanten eintreten. 3) Im Sommer rückt die Periode des hohen Barometerstandes näher zum Vollmond und die Periode des tiefen Barometerstandes näher zum Neumond. 4) Der Einfluß der Lunistitien auf die Schwankungen des Barometers ist unmerklich.

Es scheint, daß die Extreme im Barometerstande während der Periode zwischen dem letzten und ersten Viertel, wo das Barometer fällt, am häufigsten vorkommen und ungefähr zur Zeit des tiefsten Barometerstandes ihr Maximum erreichen, daß sie aber, sobald das Barometer wieder anfängt zu steigen, bedeutend seltener werden. Die größte Anzahl der Extreme fällt auf das letzte Viertel, also auf die Zeit des höchsten Barometerstandes und die größte Anzahl des Extreme des Minimums auf das erste Viertel, mithin sogleich nach dem tiefsten Barometerstande, aber auch die Extreme im Maximum sind zu gleicher Zeit sehr häufig. In den einzelnen Jahreszeiten wie im ganzen Jahre zeigt die Ab- und Zunahme der Zahlen so wenig Regelmäßigkeit, daß man hieraus einen bestimmten Zusammenhang zwischen den Mondphasen und der Häufigkeit der Extreme im Barometerstande nicht zu erkennen vermag.

Man hat daran gedacht, daß die bekannten täglichen Schwankungen des Luftdruckes, wie wir sie früher besprochen, sich aus der Anziehung der Sonne und des Mondes erklären ließen. Dem widerspricht aber die offenbar mit den Tageszeiten zusammenhängende periodische Wiederkehr der Wendestunden. Wäre die Anziehung von Sonne und Mond die Ursache der Wendestunden, so müßten diese nicht von den Tageszeiten, sondern von der wechselnden Stellung von Sonne und Mond gegen die Erde (wie die Ebbe und Fluth des Meeres) sich abhängig zeigen. Schon Laplace hat nachgewiesen, daß die Ebbe und Fluth der Atmosphäre äußerst unmerklich sein müßten und wenn die Atmosphäre in merkliche Schwankungen unter dem Einfluß der beiden genannten Gestirne geräth, so kann dies nur deren secundäre Wirkung sein, hervorgebracht durch die regelmäßigen Schwankungen des Meeres. Wenn nämlich der Mond die Lufttheilchen anzieht und durch eine Hebung der Atmosphäre über ihr eigentliches Niveau (ihre Grenze) bewirkt, so wird zugleich ihre Anziehung durch die Erde, also ihre Schwere vermindert, welche ihren Druck und damit zugleich den Barometerstand bestimmt. Aus einer Reihe von 4752 Beobachtungen (in 8 Jahren zu Paris) berechnete Laplace, daß die Größe der Mondsfluth nicht mehr als 0,0556 Millimeter betrage, und das Maximum des Abends am Tage der Syzygien auf 3 h. 20′ falle. Laplace selbst aber bemerkt, daß man, um die atmosphärische Mondsfluth mit Genauigkeit zu bestimmen, wenigstens 40000 Beobachtungen der Rechnung zu Grunde legen

müßte. Nach der von Laplace*) angegebenen Formel zur Berechnung der Wirkung des Mondes auf die Atmosphäre hat Bouvard die Größe der atmosphärischen Mondsfluth berechnet und hierzu von den Pariser Beobachtungen eine Reihe von 12 Jahren, welche 8940 Beobachtungen enthalten, angewandt, um die mittleren Barometerstände bei den Syzygien und Quadraturen zu bestimmen. Diese Berechnung giebt die Größe der Fluth = 0,01763 Millimeter; und die Zeit des Maximums am Tage der Syzygien 2 h. 8′ Abends; woraus Bouvard schließt, daß man für die Breite von Paris den Einfluß des Mondes auf die Atmosphäre als unmerklich ansehen könne. Eisenlohr hat aber endlich die Größe der atmosphärischen Mondsfluth aus einem Zeitraum von 22 Jahren, welcher 8036 Tage und 32144 Beobachtungen (zu Paris) umfaßt, berechnet. In der folgenden Tabelle hat Eisenlohr**) die mittleren Barometerstände der 24 Mondstunden in Millimetern über 750 für die vier Jahreszeiten und das ganze Jahr zusammengestellt; sie sind sämmtlich nach den Tagesstunden und in der letzten Spalte auch nach den Mondsphasen corrigirt. Die erste dieser Correcturen eliminirt den Einfluß der täglichen regelmäßigen Schwankungen (unter dem Einfluß der Wärme); die zweite beabsichtigt den Einfluß derjenigen Schwankungen zu entfernen, welche vom synodischen Umlaufe des Mondes herrühren.

Barometerstände der einzelnen Stunden.

Stunde	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr I.	Jahr II.
0	6,936	5,490	5,877	5,290	5,875	5,938
1	7,327	5,420	5,980	5,020	5,926	5,998
2	7,094	5,482	6,104	5,225	5,956	5,854
3	6,886	5,529	5,740	6,045	6,050	5,943
4	7,477	5,558	5,943	5,724	6,181	6,080
5	6,919	5,303	5,941	5,324	5,870	5,909
6	7,404	5,160	6,028	5,272	5,914	5,955
7	6,742	4,893	6,357	5,385	5,850	5,892
8	6,498	5,329	6,228	6,182	6,060	5,962
9	6,707	4,163	6,430	5,968	6,067	5,968
10	6,689	5,975	6,450	5,792	5,971	5,873
11	7,148	5,016	6,361	5,640	6,030	5,052
12	7,034	4,510	6,360	5,234	5,740	5,760
13	7,262	4,414	6,452	6,005	6,033	6,054
14	6,999	4,878	6,354	5,888	6,006	5,965
15	7,451	4,749	6,156	5,661	6,001	5,959
16	6,946	4,820	6,096	5,773	5,920	5,877
17	7,309	4,981	6,169	5,012	5,861	5,960
18	7,446	5,461	6,134	4,879	5,997	6,085
19	6,914	4,912	5,997	5,094	5,722	5,820
20	6,803	5,065	6,263	5,014	5,792	5,814
21	6,740	5,694	5,964	5,586	5,993	6,005
22	7,018	5,402	5,994	5,248	5,910	5,929
23	6,817	5,401	6,316	4,989	5,869	5,841
Mittel	7,013	5,149	6,152	5,466	5,941	5,941

*) Mecanique céleste T. V. p. 237, und Connaissance des tems, 1826.

**) Pogg. Ann. Bd. LX. S. 202.

Es ergiebt sich hieraus (wie Eisenlohr bemerkt) Folgendes: der höchste Barometerstand fällt im ganzen Jahr auf 4 h. (also 4 Stunden nach der oberen Culmination des Mondes) und der tiefste auf 19 h. (7 Stunden nach der untern Culmination); aber es läßt sich weder eine einfache, noch eine doppelte Periode des Steigens und Fallens deutlich erkennen. Von 23 h. bis 4 h. steigt das Barometer regelmäßig fort; nach dem Maximum aber folgen drei tiefe Barometerstände, worauf von 8 h. bis 15 h., mit Ausnahme von 12 h., wo ein sehr tiefer Stand eintritt, das Barometer fortwährend über dem Mittel steht und auch die darauf folgende von 16 h. bis 23 h. dauernde Periode des tiefen Barometerstandes wird mehrmals unterbrochen. Mithin zeigt sich keine regelmäßige atmosphärische Ebbe und Fluth; es müßte nämlich innerhalb der ersten 12 Stunden ein Maximum und 6 Stunden später ein Minimum des Barometerstandes eintreten, worauf 12 Stunden später ein zweites Maximum und ein zweites Minimum folgen würden. Wenn also das Maximum um 4 h., welches der von Laplace für die Fluth gefundenen Stunde entspricht, als die erste Fluth betrachtet wird, so müßte auf 10 h. eine Ebbe mit niederem, auf 16 h. eine zweite Fluth mit hohem und auf 22 h. eine zweite Ebbe mit niederem Barometerstande eintreten; davon ist aber nichts zu bemerken; das Barometer steht um 10 h. etwas über, um 16 h. und 22 h. etwas unter dem Mittel, ein zweites Maximum ist gar nicht vorhanden und ein zweites Minimum fällt auf 12 h. In der letzten Spalte, wo die Barometerstände auch nach den Mondsphasen corrigirt sind, fällt das Maximum auf 18 h., das Minimum auf 12 h., welchen beiden ein zweites Minimum in 0 h. und ein zweites Maximum in 6 h. entsprechen sollte; von ersterem ist aber nichts zu bemerken und letzteres fällt schon auf 4 h. Ferner zeigt sich ebenfalls kein periodisches, sondern mehr ein abwechselndes Steigen und Fallen des Barometers, so daß auf einen oder zwei hohe wieder ebenso viele tiefe Barometerstände folgen. Diese Unregelmäßigkeit der Schwankungen zeigt sich auch mehr oder weniger in den einzelnen Jahreszeiten. Im Winter fällt das Maximum auf 4 h. und das Minimum schon auf 8 h., aber auch in 10 h. steht das Barometer so tief, daß man es als die auf 4 h. folgende Ebbe betrachten kann. Ein zweites Maximum fällt auf 15 h. und ein zweites Minimum auf 21 h. Diese Stunden würden zwar einigermaßen einer regelmäßigen Folge von Ebbe und Fluth entsprechen, aber in den Zwischenzeiten ist das Steigen und Fallen des Barometers ganz unregelmäßig. — Im Frühling fällt das Maximum auf 21 h. und das Minimum auf 13 h., ein kleineres Maximum fällt auf 4 h. und ein kleineres Minimum auf 7 h., aber das Barometer steht in den 10 Stunden von 21 h. bis 6 h. fortwährend über und in den übrigen 14 Stunden meistens unter dem Mittel, so daß eher eine einfache als eine doppelte Periode zu erkennen ist. — Im Sommer tritt das Maximum in 13 h. und das Minimum in 3 h. ein und man bemerkt nur eine einfache Periode, indem das Barometer von 7 h. bis 17 h. beinahe immer über und von 18 h. bis 6 h. beinahe immer unter dem Mittel steht. Ein ähnliches Verhältniß zeigt sich im Herbst, nur wird die Periode des hohen Barometerstandes, welche von 8 h. bis 16 h. dauert, in 12 h. durch einen sehr tiefen und die darauf folgende Periode des tiefen Barometerstandes mehrmals durch einen hohen Stand unterbrochen, so daß gleichfalls kein regelmäßiges Steigen und Fallen zu erkennen ist. Das Maximum fällt auf 8 h. und das Minimum auf 18 h. Dabei sind in allen Jahreszeiten die Schwankungen des Barometers sehr gering; der Unterschied zwischen dem höchsten und dem tiefsten Stand be-

trägt im Winter 0,971, im Frühling 1,280, im Sommer 0,712, im Herbst 1,303 und im ganzen Jahr 0,459, oder bei weiterer Correction nach den Mondsphasen nur 0,325 Millimeter und ist also zur Zeit der Aequinoctien etwas größer als zur Zeit der Solstitien.

Wenn in der That eine atmosphärische Ebbe und Fluth vorhanden ist, so müssen dieselben Erscheinungen in Zeiträumen von 12 Mondsstunden wiederkehren; werden daher die mittleren Barometerstände von je zwei — 12 Stunden von einander liegenden Stunden zu einem neuen Mittel vereinigt, so müssen die beiden Maxima und ebenso die beiden Minima zusammenfallen, wodurch eine einfache Periode des Steigens und Fallens entsteht. Indem alsdann der mittlere Barometerstand einer jeden solchen Doppelstunde im Durchschnitt aus 2679 Beobachtungen berechnet ist, so läßt sich eine Ausgleichung der zufälligen Schwankungen mit größerer Sicherheit erwarten. — Eine sonst wie die obige eingerichtete Zusammenstellung der aus je zwei Stunden berechneten Barometerstände enthält die folgende Tabelle:

Barometerstände der Doppelstunden.

Stunden		Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr I.	Jahr II.
0	12	6,985	5,000	6,119	5,262	5,807	5,849
1	13	7,294	4,917	6,216	5,513	5,979	6,026
2	14	7,047	5,180	6,229	5,556	5,981	5,909
3	15	7,168	5,139	5,948	5,853	6,026	5,951
4	16	7,212	5,189	6,020	5,749	6,051	5,979
5	17	7,114	5,142	6,055	5,168	5,566	5,934
6	18	7,275	5,310	6,081	5,076	5,955	6,020
7	19	6,828	4,903	6,177	5,239	5,786	5,856
8	20	6,650	5,197	6,245	5,598	5,926	5,888
9	21	6,723	5,429	6,197	5,777	6,030	5,987
10	22	6,854	5,189	6,220	5,520	5,940	5,901
11	23	6,982	5,208	6,338	5,314	5,950	5,996
Mittel		7,013	5,149	6,152	5,466	5,941	5,941

Man bemerkt, daß im ganzen Jahr das Barometer von 0 h. (also vom Meridiansdurchgang des Mondes) an fortwährend steigt und vier Stunden später den höchsten Stand erreicht, worauf ein schnelles Fallen eintritt, welches aber nicht regelmäßig fortgeht, sondern mehrmals von höheren Barometerständen unterbrochen wird, und daß der tiefste Stand schon nach drei Stunden auf den höchsten folgt, während er erst sechs Stunden nach dem letzteren eintreten sollte. Noch viel weniger Regelmäßigkeit zeigt sich, wenn die Barometerstände nach den Phasen corrigirt sind; der tiefste Stand fällt auf den Meridiansdurchgang und in der darauf folgenden Stunde findet sich der höchste Stand des Barometers; in den übrigen Stunden zeigen sich unregelmäßige Schwankungen, und das Barometer steht abwechselnd über oder unter dem Mittel. Unter den vier Jahreszeiten hat der Winter die größte Regelmäßigkeit; vom tiefsten Stand, welcher acht Stunden nach der Culmination des Mondes eintritt, steigt das Barometer gleichmäßig bis zum

höchsten Stand, welcher fünf Stunden nach dem tiefsten folgt, alsdann aber bleibt das Barometer fünf Stunden lang über dem Mittel, bis mit 7 h. ein schnelles Fallen beginnt, welches den tiefsten Stand schon in zwei Stunden herbeiführt. In den übrigen Jahreszeiten fällt das Maximum, sowie das Minimum des Barometerstandes, auf sehr verschiedene Stunden, im Frühling ersteres auf 9 h., letzteres auf 7 h., im Sommer auf 11 h. und 3 h., im Herbst auf 3 h. und 6 h., und nirgends zeigt sich ein regelmäßiges Steigen und Fallen. Anderweite Combinationen haben Eisenlohr ebensowenig, wie die erwähnten, zu brauchbaren Resultaten geführt. Zuletzt hat er noch nach dem Vorschlage von Laplace die Beobachtungen von einem halben Monat zu einem halben Monat mit einander verbunden.

Dadurch erhält man die Barometerstände aus je zwei nach etwa funfzehn Tagen auf einander folgenden Phasen (nämlich vom Neumond und Vollmond, vom 1. und 3. Oktanten, vom ersten und letzten Viertel, und vom zweiten und vierten Oktanten, bei welchen Ebbe und Fluth auf dieselben Tagesstunden fällt), und somit die Barometerstände aus je zwei zwölf Stunden von einander liegenden Mondsstunden.

In der folgenden Tabelle sind diese Barometerstände zusammengestellt, welche, wie die früheren, nach den Tagesstunden, nicht aber nach den Mondsphasen corrigirt, und in Millimetern über 750 angegeben sind.

Barometerstände von je zwei Phasen.

Stunde		Neumond Vollmond	1. Oktant 3. Oktant	E. Viertel L. Viertel	2. Oktant 4. Oktant	Mittel
0	12	6,369	5,597	.	5,613	5,807
1	13	6,071	5,720	.	6,068	5,979
2	14	5,980	.	6,016	5,913	5,981
3	15	6,185	.	6,055	5,798	6,026
4	16	6,072	.	6,106	5,922	6,051
5	17	.	5,752	6,044	5,919	5,866
6	18	.	5,929	6,119	5,835	5,955
7	19	.	5,676	6,016	5,783	5,786
8	20	5,836	5,924	6,096	.	5.926
9	21	6,109	5,709	6,176	.	6,030
10	22	6,104	5,618	5,951	.	5,940
11	23	5,716	5,987	.	6,042	5,950
Mittel		6,046	5,774	6,063	5,884	5,941

In allen Phasen fällt der tiefste Barometerstand in die Stunde vor oder nach dem höchsten, bei den Syzygien auf 11 h. und 0 h., bei den Quadraturen auf 10 h. und 9 h., bei den Oktanten nach den Quadraturen auf 0 h. und 1 h., und beide Extreme treten zur Zeit der Culmination des Mondes und nur bei den Quadraturen (wo die drei Stunden zur Zeit derselben fehlen) etwas vor derselben ein. Der Unterschied zwischen dem höchsten und tiefsten Barometerstand beträgt bei den Syzygien 0,663, bei den Quadraturen aber nur 0,225, bei den Oktan-

ten 0,390 und 0,455 Millimeter, wonach also die atmosphärische Fluth wie die Meeresfluth zur Zeit der Syzygien größer ist als zur Zeit der Quadraturen. Indem jedoch das Barometer kein regelmäßiges Steigen und Fallen zeigt, sondern abwechselnd über oder unter dem Mittel steht, auch die Extreme unmittelbar auf einander folgen, während sie sechs Stunden von einander entfernt sein sollten, so scheint es Eisenlohr sehr gewagt, hieraus auf das Dasein einer atmosphärischen Fluth zu schließen.

Eisenlohr hält es für unmöglich, nach den von ihm mitgetheilten und noch weniger nach den auf einer viel kleineren Anzahl von Beobachtungen beruhenden Angaben von Laplace und Bouvard über das Dasein und die Größe einer atmosphärischen, aus den Schwankungen des Barometers erkennbaren Mondsfluth zu entscheiden. Noch viel weniger ist eine durch die Sonne bewirkte Fluth zu beobachten, weil diese kaum den dritten Theil so groß wie die Mondsfluth sein kann. Auch den Einfluß des synodischen Umlaufs des Mondes auf den Barometerstand hält Eisenlohr nach seinen neuesten Berechnungen für sehr zweifelhaft, obschon Flaugergues, er selbst und andere denselben aufgezeigt zu haben meinten. Es ist aber ja nicht zu übersehen, daß durch die angeführte Untersuchung keinesweges das Nichtvorhandensein der Einwirkung der Anziehungskraft der Sonne und des Mondes auf die Atmosphäre der Erde dargethan oder auch nur wahrscheinlich gemacht ist; diese Einwirkung steht theoretisch fest; sondern es hat sich nur bestätigt (was, wie angeführt wurde, Laplace ebenfalls schon theoretisch nachgewiesen), daß durch diese Einwirkung der Druck der Atmosphäre nur unmerklich geändert, das Barometer also durch denselben sehr wenig afficirt wird. Trotz dem muß aber die Fluth und Ebbe der Atmosphäre sehr großen Einfluß auf die Witterung ausüben, da durch sie die Atmosphäre auf eine bis jetzt noch nicht nachweisbare, aber regelmäßige und großartige Weise in Bewegung gesetzt wird.

Wird sind in dem Vorhergehenden schon wiederholt auf die Dampfatmosphäre aufmerksam geworden, welche den festen Erdkörper umgiebt. Es ist nöthig, noch etwas näher uns mit derselben zu beschäftigen. Indem ich wegen der Eigenthümlichkeiten des Wasserdampfes, wegen des verschiedenen Verhaltens der Dämpfe und der Gase auf die Art. Dampf und Gas verweise und auf die S. 493 ff. gegebene Schilderung einer Gas- und einer Dampfatmosphäre, will ich hier nur noch einiges anführen, welches dienen mag, eine bestimmtere Vorstellung von dem Verhalten der Atmosphäre im Allgemeinen zu geben und dann das zusammenstellen, was wir von den Dampfgehalt derselben wissen.

Das auf der Erdoberfläche verbreitete Wasser verwandelt sich an seiner Oberfläche in Dampf, und zwar kann dies bei allen Temperaturen geschehen. Der Umwandlungsproceß geht nun um so schneller vor sich, je höher die Temperatur und je geringer der Luftdruck ist. Wenn wir in einem offenen Gefäße Wasser hinstellen, so wird dasselbe bei jeder Temperatur allmälig verschwinden; selbst das Eis in einer Temperatur unter 0° verzehrt sich am Ende: d. h. es verwandelt sich in Dampf, der in die Atmosphäre aufsteigt. Die Zeit jedoch, in welcher dieser Proceß sich beendigt, ist, wie schon bemerkt, um so kürzer, je höher die Temperatur war, welcher es ausgesetzt wurde. Erhöhen wir künstlich die Temperatur, so können wir den Verdunstungsproceß beschleunigen, und am schnellsten geht er vor sich bei einer Temperatur, welche der des Siedens entspricht (80° R.) oder

dieselbe übersteigt. Wäsche trocknen heißt nichts anderes, als das ihr anhängende Wasser verdunsten machen und dadurch das Wasser entfernen. Man kann auch in der strengsten Winterkälte, wo die Wäsche oder eigentlich das an ihr haftende Wasser im Freien gefriert, trocknen; aber es wird lange dauern, bis sie vollkommen trocken geworden, während sie in warmer Sommerluft schneller und am schnellsten in der Nähe eines erhitzten Ofens abtrocknet. Daß aber auch von dem Luftdrucke die Geschwindigkeit, mit welcher der Verdampfungsproceß erfolgt, abhängt, kann man ebenso leicht nachweisen. Auf hohen Bergen sinkt das Wasser bei einer niedrigeren Temperatur als in der Ebene. Aber auch wenn wir durch künstliche Mittel den Luftdruck vermindern, z. B. mit Hülfe einer Luftpumpe, siedet das Wasser bei niedrigeren Temperaturen. Thut man Wasser von einer beliebigen Temperatur in einen Recipienten der Luftpumpe, und setzt dann diese in Bewegung, so wird bei einem gewissen Grade der Luftverdünnung das Wasser zu sieden beginnen, welche Temperatur es und die das Gefäß umgebende Luft auch haben mag.

Der Dampf dehnt sich wie die Luft durch die Wärme aus und zieht sich durch die Kälte zusammen. Jeder bestimmten Temperatur entspricht aber ein gewisses Maximum der Dichtigkeit des Dampfes, d. h. es erzeugt sich bei dieser Temperatur so lange Dampf, bis dieser jenes Maximum der Dichtigkeit erlangt hat. Man kann die ganze Atmosphäre, weil sie eine durch die Schwere bedingte Grenze hat (s. oben S. 486) als ein geschlossenes Gefäß betrachten, in welchem sich der Dampf entwickelt. In diesem Gefäß also wird sich, wenn auf dem Boden desselben (der festen Erdoberfläche) Wasser im Ueberfluß vorhanden ist, bei jeder bestimmten Temperatur Dampf bis zu einer gewissen Dichtigkeit entwickeln. Es wird aber eine gewisse Zeit vergehen, bis der Dampf das der herrschenden Temperatur entsprechende Maximum der Dichtigkeit erlangt hat. Ist dieses erreicht, so wird sich kein Dampf weiter entwickeln. Erfolgt nun aber eine Erhöhung der Temperatur, so wird sich sogleich wieder Dampf entwickeln und zwar so lange, bis derselbe diejenige Dichtigkeit erlangt hat, welche der nunmehr herrschenden Temperatur als das dieser entsprechende Maximum gemäß ist. Tritt dagegen eine Erniedrigung der Temperatur ein, nachdem der Dampf sein Maximum erreicht hat, so schlägt sich ein Theil des Dampfes als Wasser nieder, bis der Dampf auf diejenige Dichtigkeit reducirt ist, welche als Maximum der nunmehr herrschenden Temperatur entspricht. Nehmen wir dagegen an, es trete eine Erhöhung der Temperatur ein, bevor noch der Dampf sein Maximum erreicht hatte, so wird sich der Verdampfungsproceß nur beschleunigen, und tritt in gleichem Falle eine Erniedrigung der Temperatur ein, so wird der Verdampfungsproceß verzögert werden, er wird ganz aufhören, wenn eine so niedrige Temperatur eintritt, daß die vorhandene Dampfmenge nunmehr für diese Temperatur im Maximum ist, er wird endlich nicht nur aufhören, sondern es wird sogar Niederschlag eines Theiles des Dampfes in Wasser erfolgen, wenn die Temperatur so weit herabsinkt, daß der vorhandene Dampf vorher schon eine Dichtigkeit erreicht hat, welche über dem dieser niedrigen Temperatur entsprechenden Maximum liegt. Da nicht überall an der Erdoberfläche Wasser im Ueberfluß vorhanden ist, so müssen wir auch noch den Fall in Betracht ziehen, was geschehen muß, wenn Dampf unter oder über dem Maximum eine weitere Temperaturveränderung erfährt. Erhöht sich die Temperatur, so dehnt sich der vorhandene Dampf aus, seine Spannkraft vermehrt sich im Verhältniß der zunehmenden Temperatur; erniedrigt sich die Temperatur, so zieht er sich ebenso regelmäßig wieder

zusammen, bis zu dem Punkte, wo er durch diese Zusammenziehung das der Temperatur entsprechende Maximum erreicht; sinkt dann die Temperatur noch weiter, so erfolgt Niederschlag von Wasser. Im Ganzen der Atmosphäre ist auf deren Boden aber stets Wasser im Ueberfluß vorhanden, und geschähen die Temperaturveränderungen derselben stets so, daß die ganze Atmosphäre gleichzeitig in allen ihren Theilen erwärmt oder abgekühlt würde, so würde sich das Mißverhältniß, welches aus der ungleichen Vertheilung des Wassers an der festen Erdoberfläche sich ergiebt, auf sehr gleichförmige Weise ausgleichen. Nun aber geschieht die Erwärmung und Abkühlung der Atmosphäre auf sehr ungleichförmige Weise. Es kann also vorkommen, daß über einer weitausgebreiteten wasserarmen Gegend die Temperatur sich erhöht, während über einer weitausgebreiteten Wasserfläche die Temperatur in Abnehmen begriffen ist. Während also dort der Dampf sich ausdehnt unter Erhöhung seiner Spannkraft, zieht er sich hier zusammen, und kann sogar zum Theil in Wasser sich verwandeln. Tritt der umgekehrte Fall ein, d. h. erhöht sich die Temperatur über der wasserreichen Gegend, während sie über der wasserarmen sinkt, so dehnt sich dort der Dampf aus, erhöht seine Spannkraft, der Verdampfungsproceß beschleunigt sich und zugleich zieht sich hier der Dampf zusammen, durch jene Ausdehnung (abgesehn von den sonstigen Bewegungen in der Atmosphäre) wird ihm noch mehr Dampf zugeführt, welcher sich auch zusammenzieht und bald ist über dem dürren Lande das Maximum der Dichtigkeit des Dampfes erreicht und überschritten, indem sich Wasser niederschlägt. Natürlich erzeugen alle diese localen Temperaturdifferenzen, vereint mit der ungleichförmigen Vertheilung des Wassers am Boden der Atmosphäre, ein fortwährendes Streben nach Ausgleichung in den sich bildenden Mißverhältnissen in der Dampfatmosphäre, und diese ist in ebenso unausgesetzter Bewegung wie die Luftatmosphäre, von welcher wir früher vorzugsweise gesprochen und es wechseln unausgesetzt Niederschlagung und Entwicklung, Zusammenziehung und Ausdehnung des Dampfes auf die mannigfachste Weise.

Wir haben bisher angenommen bei dieser Betrachtung, daß sich die Atmosphäre wie ein leeres Gefäß verhalte, in welchem der Proceß der Dampfbildung und des Dampfniederschlages unter dem Einfluß der Temperaturveränderungen erfolge. Diese Annahme ist aber nicht ganz richtig. Man muß hinzufügen, die Atmosphäre verhält sich gegen den Dampf auch als ein Gefäß, welches bald größer, bald kleiner wird. Denn die Atmosphäre ist mit Luft erfüllt, und diese übt, wie wir gesehen haben, einen Druck auf sich selbst aus, so daß die oberen Schichten auf den unteren Lasten und sie zusammendrücken. Gleiches nun erfährt der Dampf nicht nur durch sich selbst, sondern auch durch die Luft. Der Luftdruck ist aber, wie wir gesehen haben, veränderlich. Erhöht sich der Druck der Luft, so ist dies gerade so, wie wenn sich das Gefäß, in welchem sich der Dampf befindet, verkleinert; vermindert sich der Druck der Luft, so hat dies eine gleiche Wirkung auf den Dampf, wie wenn sich das Gefäß vergrößert. Wir müssen also noch in Betracht ziehen, wie sich der Dampf in einem Gefäße verhält, welches sich bald verkleinert bald vergrößert. Denken wir uns ein Gefäß mit Dampf erfüllt, welcher noch nicht im Maximum seiner Dichtigkeit ist für die Temperatur, die wir nun als gleichbleibend annehmen. Jetzt werde das Gefäß immer kleiner und kleiner, so drückt es den Dampf zusammen, dieser wird dichter und dichter, kommt endlich auf das Maximum der Dichtigkeit für die herrschende Temperatur, und setzt sich die

Zusammenziehung des Gefäßes nun noch weiter fort, so bleibt der Dampf auf dem Maximum stehen, wird nicht mehr dichter, aber ein Theil desselben schlägt sich als Wasser nieder, und zwar erzeugt sich immer mehr und mehr Wasser, so lange das Gefäß fortfährt kleiner zu werden. Nehmen wir dagegen an, der Dampf sei für die herrschende Temperatur im Maximum in dem Gefäß und dieses werde größer und größer, es sei aber auf dem Boden des Gefäßes kein Wasser im Ueberschuß vorhanden, so dehnt sich Dampf aus, so wie sich das Gefäß vergrößert und wird zugleich dünner. Ist aber Wasser auf dem Boden des Gefäßes, so entwickeln sich sogleich mehr Dämpfe, indem sich das Gefäß erweitert und der Dampf bleibt im Maximum, oder vielmehr durch die Dampferzeugung wird das Maximum immer wieder hergestellt, wenn es durch die Vergrößerung des Gefäßes und die gleichzeitige Ausdehnung und Verdünnung des Dampfes aufgehoben wurde. Aus dem Gesagten folgt nun folgendes.

Temperaturerhöhung und gleichzeitige *Verminderung des Druckes* beschleunigen die Dampferzeugung und bewirken Ausdehnung und Verdünnung des vorhandenen Dampfes, bewirken also niemals einen Niederschlag von Wasser.

Temperaturerhöhung und gleichzeitige *Vermehrung des Druckes* treten in Widerspruch mit einander; überwiegt jene, so erzeugt sich noch mehr Dampf, zugleich wird der Dampf dichter und seine Spannkraft steigt, diese kann endlich den Druck überwinden oder dies geschieht nicht, es siegt nun der Druck und in diesem Falle erfolgt Niederschlag von Wasser.

Temperaturerniedrigung und *gleichzeitige Vermehrung des Druckes* bewirkt so lange noch keinen Niederschlag von Wasser, als der vorhandene Dampf noch nicht im Maximum ist, sie bewirken aber gemeinschaftlich Verdichtung des Dampfes und nachdem dieser sein Maximum erreicht hat, erfolgt Niederschlag.

Temperaturerniedrigung und gleichzeitige *Verminderung des Druckes* wirken einander wieder entgegen. Siegt jene, so erfolgt Verdichtung des Dampfes und endlich Niederschlag; siegt diese, so verdünnt sich der Dampf und vermehrt sich, wenn Wasser im Ueberschuß vorhanden, was ihn aber um so schneller wieder seinem Maximum entgegentreibt, je tiefer die Temperatur sinkt.

Bleibt die *Temperatur gleich* und *sinkt der Druck*, so kann kein Niederschlag erfolgen.

Bleibt die *Temperatur gleich* und *steigt der Druck*, so kann Niederschlag erfolgen und erfolgt gewiß, wenn der Dampf im Maximum war.

Bleibt der *Druck gleich* und *steigt die Temperatur*, so kann niemals Niederschlag erfolgen.

Bleibt der *Druck gleich* und *sinkt die Temperatur*, so kann Niederschlag erfolgen und erfolgt gewiß, wenn der Dampf im Maximum war.

Was ich von dem Verhalten der Dampfatmosphäre gesagt habe, leidet durch den Umstand, daß die Erde von einer Luftatmosphäre umgeben ist, daß also die Dämpfe durch die Luft hindurch sich ausbreiten müssen, nur wenige Modificationen. Gießt man zwei Flüssigkeiten von verschiedener Dichte unter einander, z. B. Wasser und Oel, so sondern sich die beiden Flüssigkeiten und die dünnere lagert sich über der dichteren, das Oel über dem Wasser. Verhielten sich die Gase und Dämpfe ebenso wie die Flüssigkeiten, so würde in der Atmosphäre eine ähnliche Ablagerung

erfolgen; wäre die Luft dichter als der Dampf, so würde dieser in die Höhe steigen und am Boden der Atmosphäre würde sich nur Luft, oberwärts nur Dampf finden, — wäre der Dampf dichter als die Luft, so würde am Boden nur Dampf vorhanden, die Luft nach oben gedrängt sein. Gase und Dämpfe aber verhalten sich in ganz anderer Weise, nämlich so, daß ein jedes ausdehnsames Fluidum in dem gegebenen Raume so sich ausbreitet, als wäre das andere Fluidum gar nicht vorhanden. Nur die Schnelligkeit, mit welcher die Ausbreitung eines solchen Fluidums geschieht, kann einigermaßen durch die schon vorhandenen Luftarten behindert werden. Die ausdehnsamen Fluiden durchdringen einander und die Schnelligkeit, mit welcher diese Durchdringung erfolgt, hängt ab von ihrer Dichtigkeit. Die Dampfatmosphäre verhält sich also ganz so, wie wenn die Luftatmosphäre gar nicht vorhanden wäre, nur daß die Processe der Umbildungen des Dampfes und die Bewegungen desselben durch das Vorhandensein der Luftatmosphäre eine Verzögerung erfahren, welche desto größer ist, je dichter die Luft ist. In neuester Zeit hat Regnault, die Frage untersucht: ob der Dampf in der Luft, unter dem Drucke der Atmosphäre dieselbe Spannkraft annehme, wie solches im luftleeren Raume für die entsprechenden Temperaturen der Fall ist. Er hat seine genauen Beobachtungen über die Spannkräfte des Dampfes im luftleeren Raume verglichen mit ebenso sorgfältig angestellten Beobachtungen im lufterfüllten Raume. Dabei hat sich denn gezeigt, daß erstens (wie schon bemerkt wurde) das Spannungsmaximum des Dampfes im Vacuum augenblicklich eintrete, während in der Luft zur Herstellung derselben eine ziemlich lange Zeit erforderlich ist, und daß zweitens die Spannungen des Wasserdampfes in der Luft beständig etwas kleiner als im Vacuum sind. Der Unterschied ist jedoch sehr gering (er beträgt höchstens etwas über $1/_2$ Millimeter) und daher spricht Regnault *) selbst die Befürchtung aus, daß ein constanter Fehler im Verfahren die Differenz veranlaßt haben möge, den zu entdecken er jedoch nicht vermocht habe.

Es wurde schon bemerkt, daß in einem jeden geschlossenen Gefäße der Dampf, wenn Wasser im Ueberschuß vorhanden, sich bis zu einem gewissen Maximum seiner Dichte und damit auch seiner Spannkraft (Elasticität) entwickle. Wird dann das Gefäß größer oder kleiner, so bleibt die Spannkraft des Dampfes dieselbe, indem sich im ersten Falle neuer Dampf entwickelt, im zweiten Falle ein Theil des Dampfes als Wasser niederschlägt. Die Spannkraft des Dampfes ist ganz dieselbe, wenn das Gefäß mit Luft erfüllt ist, oder wenn es leer ist, nur daß im letzteren Falle einige Zeit vergeht, bis sich nach einer Erhöhung der Temperatur eine hinreichende Quantität Dampf entwickelt hat, um das dieser höheren Temperatur entsprechende Maximum wieder herzustellen. Man hat die Elasticität der Dämpfe für die verschiedenen Temperaturen bestimmt. Es geschieht dieses so, daß man in den leeren Raum eines Barometers einen Tropfen Wasser steigen läßt und nun beobachtet, um wie viel niedriger die Quecksilbersäule in diesem Instrumente steht, verglichen mit dem Stande des Quecksilbers in einem sorgfältig construirten Barometer mit einer vollkommenen torricellischen Leere. Der Unterschied beider Barometerstände giebt für die Temperatur, bei welcher der Versuch angestellt wurde, die Bestimmung der Elasticität. Zur sorgfältigen Ausführung dieser

*) Compt. rend. T. XX. p. 1127 et 1220. Daraus in Pogg. Ann. Bd. LXV. S. 135.

Versuche gehört, daß alle Beobachtungen auf dieselbe Temperatur des Quecksilbers reducirt werden, weil dieses mit der Temperatur sein specifisches Gewicht ändert, daß man sich recht weiter Barometerröhren bedient, um den Fehler möglichst zu vermeiden, der aus dem Umstande hervorgeht, daß in einer gläsernen Röhre das Quecksilber, da, wo es Glas berührt, niedriger steht als in der Mitte des Niveaus, und daß alle Beobachtungen mit größter Genauigkeit und unter Vermeidung aller störender Einflüsse angestellt werden. Kämtz *) hat durch seine Beobachtungen folgende Werthe für die Grade des Reaumur'schen Thermometers und deren Zehntheile gefunden.

R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R.
— 20	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	— 20
— 19	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	— 19
— 18	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	— 18
— 17	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	— 17
— 16	0,45	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41	0,41	— 16
— 15	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	— 15
— 14	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,51	0,51	0,50	— 14
— 13	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56	0,55	— 13
— 12	0,67	0,66	0,66	0,65	0,64	0,64	0,63	0,63	0,62	0,61	— 12
— 11	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70	0,69	0,68	0,68	— 12
— 10	0,81	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,76	0,75	0,74	— 10
— 9	0,89	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,82	— 9
— 8	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	— 8
— 7	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	1,00	1,00	— 7
— 6	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	— 6
— 5	1,30	1,29	1,28	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,21	1,19	— 5
— 4	1,42	1,41	1,40	1,38	1,37	1,36	1,35	1,33	1,32	1,31	— 4
— 3	1,56	1,54	1,53	1,52	1,50	1,49	1,47	1,46	1,45	1,43	— 3
— 2	1,70	1,69	1,67	1,66	1,64	1,63	1,61	1,60	1,58	1,57	— 2
— 1	1,86	1,84	1,83	1,81	1,79	1,78	1,76	1,75	1,73	1,72	— 1
0	2,03	2,01	1,99	1,98	1,96	1,94	1,93	1,91	1,89	1,88	0
0	2,03	2,05	2,07	2,08	2,10	2,12	2,14	2,16	2,18	2,20	0
1	2,21	2,23	2,25	2,27	2,29	2,31	2,33	2,35	2,37	2,39	1
2	2,41	2,43	2,46	2,48	2,50	2,52	2,54	2,56	2,59	2,61	2
3	2,63	2,65	2,67	2,70	2,72	2,74	2,77	2,79	2,81	2,84	3
4	2,86	2,89	2,91	2,93	2,96	2,98	3,01	3,04	3,06	3,09	4
5	3,11	3,14	3,16	3,19	3,22	3,24	3,27	3,30	3,33	3,35	5
6	3,38	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,55	3,58	3,61	3,64	6
7	3,67	3,70	3,73	3,76	3,80	3,83	3,86	3,89	3,92	3,95	7
8	3,99	4,02	4,05	4,08	4,12	4,15	4,19	4,22	4,25	4,29	8
9	4,32	4,36	4,39	4,43	4,46	4,50	4,54	4,57	4,61	4,65	9
10	4,68	4,72	4,76	4,80	4,84	4,88	4,91	4,95	4,99	5,03	10
11	5,07	5,11	5,15	5,19	5,24	5,28	5,32	5,36	5,40	5,45	11
12	5,49	5,53	5,58	5,62	5,66	5,71	5,75	5,80	5,84	5,89	12
13	5,94	5,98	6,03	6,08	6,12	6,17	6,22	6,27	6,32	6,37	13
14	6,42	6,46	6,51	6,56	6,62	6,67	6,72	6,77	6,82	6,88	14
15	6,93	6,98	7,03	7,09	7,14	7,20	7,25	7,31	7,36	7,42	15

*) Vorlesungen über Meteor. S. 88.

R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R.
16	7,48	7,53	7,59	7,65	7,71	7,77	7,82	7,88	7,94	8,00	16
17	8,06	8,13	8,19	8,25	8,31	8,38	8,44	8,50	8,56	8,63	17
18	8,69	8,76	8,82	8,89	8,96	9,02	9,09	9,16	9,23	9,28	18
19	9,36	9,43	9,50	9,57	9,64	9,72	9,79	9,86	9,93	10,01	19
20	10,08	10,15	10,23	10,30	10,38	10,46	10,53	10,61	10,69	10,77	20
21	10,84	10,92	11,00	11,08	11,16	11,25	11,33	11,41	11,49	11,58	21
22	11,66	11,75	11,83	11,92	12,00	12,09	12,18	12,26	12,35	12,44	22
23	12,53	12,62	12,71	12,80	12,90	12,99	13,08	13,17	13,27	13,36	23
24	13,46	13,55	13,65	13,75	13,84	13,94	14,04	14,14	14,24	14,34	24
25	14,44	14,56	14,65	14,75	14,86	14,96	15,07	15,17	15,28	15,36	25
26	15,50	15,60	15,71	15,82	15,93	16,04	16,16	16,27	16,38	16,50	26
27	16,61	16,73	16,84	16,96	17,08	17,20	17,32	17,44	17,56	17,68	27
28	17,80	17,92	18,05	18,18	18,30	18,43	18,56	18,69	18,82	18,95	28

Eine andere Tafel dieser Art hat August besonders aus den Beobachtungen von Dalton hergeleitet. Danach erhalten wir bei verschiedenen Graden des 80theiligen Thermometers folgende Größen.

R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R.
— 25	0''',20	0''',19	0''',19	0''',19	0''',19	0''',18	0''',18	0''',18	0''',18	0''',18	— 25
— 24	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	— 24
— 23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	— 23
— 22	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	— 22
— 21	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	— 21
— 20	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	— 20
— 19	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	— 19
— 18	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	— 18
— 17	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,44	0,43	0,42	0,42	— 17
— 16	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	— 16
— 15	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	— 15
— 14	0,62	0,61	0,61	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	— 14
— 13	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65	0,65	0,64	0,64	0,63	0,62	— 13
— 12	0,75	0,74	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,69	0,69	— 12
— 11	0,82	0,81	0,80	0,80	0,79	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	— 11
— 10	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	— 10
— 9	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	— 9
— 8	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01	— 8
— 7	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	— 7
— 6	1,32	1,31	1,30	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24	1,22	1,21	— 6
— 5	1,44	1,43	1,42	1,41	1,39	1,38	1,37	1,36	1,34	1,33	— 5
— 4	1,58	1,56	1,55	1,54	1,52	1,51	1,50	1,48	1,47	1,46	— 4
— 3	1,72	1,71	1,70	1,68	1,67	1,65	1,64	1,62	1,61	1,59	— 3
— 2	1,88	1,87	1,85	1,84	1,82	1,80	1,79	1,77	1,76	1,74	— 2
— 1	2,06	2,04	2,02	2,00	1,99	1,97	1,95	1,94	1,92	1,90	— 1
— 0	2,24	2,22	2,20	2,19	2,17	2,16	2,14	2,12	2,09	2,07	— 0
0	2,24	2,26	2,28	2,30	2,32	2,34	2,36	2,38	2,40	2,42	0
1	2,44	2,46	2,49	2,51	2,53	2,55	2,57	2,59	2,62	2,64	1
2	2,66	2,68	2,71	2,73	2,75	2,78	2,80	2,82	2,85	2,87	2
3	2,89	2,92	2,94	2,97	2,99	3,02	3,04	3,07	3,09	3,12	3
4	3,14	3,17	3,20	3,22	3,25	3,28	3,30	3,33	3,36	3,38	4
5	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,56	3,59	3,62	3,65	3,68	5

R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	R.
6	3''',71	3''',14	3''',77	3''',80	3''',83	3''',86	3''',89	3''',92	3''',96	3''',99	6
7	4,02	4,05	4,09	4,13	4,17	4,20	4,24	4,29	4,31	4,35	7
8	4,39	4,42	4,45	4,48	4,52	4,55	4,58	4,61	4,65	4,68	8
9	4,72	4,75	4,79	4,83	4,87	4,91	4,95	4,99	4,03	5,06	9
10	5,10	5,14	5,19	5,23	5,27	5,31	5,35	5,39	5,43	5,48	10
11	5,52	5,56	5,61	5,65	5,70	5,74	5,78	5,83	5,87	5,92	11
12	5,96	6,01	6,06	6,11	6,15	6,20	6,25	6,28	6,33	6,38	12
13	6,44	6,49	6,54	6,59	6,64	6,69	6,74	6,79	6,85	6,90	13
14	6,95	6,99	7,04	7,09	7,13	7,18	7,23	7,27	7,31	7,36	14
15	7,41	7,48	7,54	7,62	7,68	7,74	7,81	7,88	7,94	7,01	15
16	8,07	8,14	8,20	8,26	8,32	8,39	8,45	8,51	8,57	8,63	16
17	8,70	8,76	8,83	8,90	8,96	9,03	9,09	9,16	9,23	9,29	17
18	9,36	9,43	9,50	9,57	9,64	9,71	9,78	9,86	9,93	10,00	18
19	10,07	10,13	10,20	10,25	10,33	10,39	10,46	10,52	10,59	10,65	19
20	10,72	10,81	10,90	10,99	11,08	11,17	11,26	11,35	11,44	11,53	20
21	11,62	11,71	11,79	11,88	11,96	12,05	12,14	12,22	12,31	12,39	21
22	12,48	12,57	12,66	12,75	12,84	12,93	13,03	13,12	13,21	13,30	22
23	13,39	13,49	13,58	13,68	13,78	13,87	13,97	14,07	14,15	14,24	23
24	14,36	14,46	14,57	14,67	14,77	14,87	14,98	15,08	15,18	15,29	24
25	15,39	15,50	15,61	15,71	15,82	15,93	16,04	16,15	16,25	16,36	25
26	16,47	16,47	16,71	16,82	16,94	17,06	17,18	17,30	17,41	17,53	26
27	17,65	17,65	17,90	18,02	18,14	18,26	18,36	18,51	18,63	18,76	27
28	18,88	19,01	19,14	19,26	19,39	19,52	19,65	19,78	19,90	20,03	28

Der Gebrauch dieser Tafel wird durch folgendes Beispiel klar. Gesetzt man suche die Elasticität des Dampfes, wenn ein Raum von 20°,5 Temp. damit gesättigt (d. h. Dampf im Maximum ihn erfüllt) ist; so sucht man in der ersten verticalen Spalte die Zahl 20, in der obersten horizontalen Zeile die Zahl 0,5, folgt dann mit dem Auge der horizontalen Linie neben 20 und der verticalen Spalte unter 0,5; die Zahl, wo beide Richtungen zusammentreffen, also in dem gewählten Falle die Zahl, 10''',46 (nach Kämtz) oder 11''',17 (nach August) ist die gesuchte Bestimmung der Elasticität des Dampfes. Die Verschiedenheit der Bestimmungen in beiden Tabellen läßt sich nur aus der Mangelhaftigkeit der Versuche, die den einen und den andern zu Grunde liegen, erklären. Die Angaben der Tabelle von Kämtz *) dürften wohl die richtigeren sein, doch entscheidet sich Kämtz selbst für die Benutzung der August'schen Tafel, da ihre Angaben sehr nahe mit denen übereinstimmen, welche die meisten Physiker ihren Untersuchungen zu Grunde gelegt haben. Ich werde sogleich noch eine neuere derartige Tabelle mittheilen.

Das Gewicht des Wasserdampfes bestimmt man so, daß man eine sorgfältig abgewogene Quantität Wasser in die torricellische Leere eines Barometers steigen läßt, dessen innere Dimensionen man genau kennt. Das Wasser verwandelt sich sogleich in Dampf und erfüllt den leeren Raum mit dem Maximum seiner Dichte für die herrschende Temperatur, und zwar geschieht dies so lange, wenn die Temperatur erhöht wird, als noch Wasser zum Verdampfen vorräthig ist. Fährt man aber fort die Temperatur zu erhöhen, so beginnt von dem Augenblicke, wo alles Wasser in Dampf umgewandelt ist, der vorhandene Dampf sich unter dem

*) Vergl. Kämtz Vorlesungen über Meteor. S. 90.

Einfluß der Temperatur auszudehnen, wie jede Gasart. So lange der Dampf im Maximum ist, wird die Erniedrigung des Barometerstandes der vorhin angeführten Tabelle entsprechen. Ist aber alles Wasser in Dampf verwandelt und kann sich also bei weiterer Erwärmung das Maximum nicht wieder herstellen, so sinkt zwar das Barometer noch fernerhin, aber weit langsamer als zuvor, es sinkt nun in demselben Verhältniß, wie wenn man eine Quantität trockner Luft in die Leere gebracht und gleichermaßen erwärmt hätte. Man muß nun den Moment abwarten, wo alles Wasser eben verdampft ist und der Dampf die Leere im Maximum erfüllt; in diesem Moment bestimmt man die herrschende Temperatur und den Rauminhalt der Leere, welche aber jetzt von Wasserdampf erfüllt ist. Da man nun das Gewicht des zugelassenen Wassers kennt, so kennt man auch das Gewicht des Dampfes im Maximum bei der bestimmten Temperatur und dem bestimmten Volumen. Auf diese Weise hat August das Gewicht des Wasserdampfes im Maximum bestimmt, welchen ein Pariser Cubikfuß bei den angemerkten Temperaturen (nach R.) enthält:

Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran	Grad	Gran
— 20	0,60	— 10	1,54	0	3,65	10	7,90	20	15,88
— 19	0,66	— 9	1,69	1	3,96	11	8,50	21	16,97
— 18	0,73	— 8	1,85	2	4,29	12	9,14	22	18,11
— 17	0,81	— 7	2,03	3	4,64	13	9,81	23	19,32
— 16	0,89	— 6	2,23	4	5,01	14	10,53	24	20,60
— 15	0,98	— 5	2,42	5	5,42	15	11,30	25	21,96
— 14	1,08	— 4	2,63	6	5,86	16	12,11	26	23,38
— 13	1,18	— 3	2,86	7	6,33	17	12,97	27	24,90
— 12	1,29	— 2	3,10	8	6,82	18	13,89	28	26,47
— 11	1,41	— 1	3,36	9	7,34	19	14,85	29	28,14

Wenn man also weiß, auf welche Temperatur die Atmosphäre an einem Orte herabgebracht werden muß, damit in ihr Dampf im Maximum vorhanden sei oder m. d. damit Sättigung mit Dampf stattfinde, so kann man ebensowohl die Elasticität des vorhandenen Wasserdampfes bestimmen, als auch das Gewicht des Wasserdampfes, welches ein Cubikfuß enthält. Gesetzt man hätte jene Temperatur zu 10° R. gefunden, so wäre nach der ersten Tabelle von August die Elasticität des Wasserdampfes = 5''',10, und das Gewicht des in 1 Par. Cubikfuß enthaltenen Wasserdampfes nach der zweiten Tabelle von August 7,90 Gran. Hätten wir also gefunden, daß die Luft in der Nähe des Barometers mit Dampf gesättigt sein würde, wenn sie die Temperatur von 10° R. hätte, so wissen wir daß der Druck der Dampfatmosphäre eine Quecksilbersäule von 5''',10 zu tragen im Stande sei. Die Elasticität des Dampfes giebt den Druck der Dampfatmosphäre. Wie aber jene Temperatur und somit der Dampfgehalt der Atmosphäre bestimmt wird, soll in dem Art. Hygrometer gezeigt werden.

Zum Vergleich mit den Tafeln von Kämtz und August mögen noch folgende Zahlen dienen, welche einer neueren Arbeit von Regnault*) über Hygrometrie (s. Hygrometer) entnommen sind. Die zweite Columne giebt den

*) Becquerel, élem. de physique terrestre et de météor. p. 354.

Druck in Millimetern der getragenen Quecksilbersäule; die dritte die Gewichte in Grammes des Dampfes, welcher in einem Cubik-Meter gesättigter Luft enthalten ist. Die Temperaturen sind nach der hunderttheiligen Scale bestimmt.

Temperatur C.	Spannung des Dampfes im Maximum	Gewicht des Dampfes in 1 C. M. gesättigter Luft	Temperatur C.	Spannung des Dampfes im Maximum	Gewicht des Dampfes in 1 C. M. gesättigter Luft
— 10	2,078	2,302	+ 13	11,162	11,383
— 9	2,261	2,495	14	11,908	12,103
— 8	2,456	2,701	15	12,699	12,860
— 7	2,666	2,921	16	13,536	13,621
— 6	2,890	3,156	17	14,421	14,504
— 5	3,131	3,406	18	15,357	15,393
— 4	3,387	3,672	19	16,346	16,327
— 3	3,662	3,956	20	17,391	17,311
— 2	3,955	4,281	21	18,495	18,448
— 1	4,267	4,575	22	19,659	19,437
0	4,600	4,915	23	20,888	20,581
+ 1	4,940	5,260	24	22,184	21,785
2	5,302	5,623	25	23,550	23,067
3	5,687	6,010	26	24,988	24,374
4	6,097	6,420	27	26,505	25,767
5	6,534	6,845	28	28,101	27,226
6	6,998	7,316	29	29,782	28,762
7	7,492	7,804	30	31,548	30,368
8	8,017	8,322	31	33,405	32,054
9	8,574	8,869	32	35,359	33,812
10	9,165	9,445	33	37,410	35,655
11	9,792	10,055	34	39,565	37,583
12	10,457	10,696	35	41,487	39,281

Will man die Angaben dieser Tabelle mit denen von Kämtz und August vergleichen, so muß man die Celsius'schen Grade in Reaumur'sche, die Angaben nach Millimetern in Angaben nach Pariser Linien übersetzen. Man findet dann für folgende Temperaturen die entsprechenden Bestimmungen.

Für	nach Kämtz:	nach Regnault:	nach August
— 8° R.	0,98	0,92	1,10
— 4 =	1,42	1,39	1,58
0 =	2,03	2,04	2,24
+ 4 =	2,86	2,89	3,14
+ 8 =	3,99	4,06	4,39
+ 12 =	5,49	5,63	5,96
+ 16 =	7,48	7,70	8,07
+ 20 =	10,08	10,43	10,72
+ 24 =	13,46	13,98	14,36
+ 28 =	17,80	18,38	18,88

Die Angaben von Regnault sind durchgängig etwas kleiner als die von August, für die Grade unter 0 sind sie etwas kleiner und für die Grade über 0 etwas größer als die Angaben von Kämtz, im Ganzen liegen sie mitten inne zwischen den Angaben von Kämtz und August, was für ihre Richtigkeit spricht.

Bedeutender weichen die Angaben Regnaults über das Gewicht des Dampfes in einem bestimmten Volumen bei den verschiedenen Temperaturen von denen ab, welche die Tabelle von August (S. 545) enthält. Reducirt man die Angaben von Regnault auf Grade Reaumur, Grane und Par. Cubikfuß, so erhält man für die beigesetzten Temperaturen verglichen mit den Angaben von August folgende Werthe.

Ein Pariser Cubikfuß enthält an Wasserdampf

	nach Regnalt	nach August	Differenz
bei — 8° R.	1,52 Gran	1,85	0,33
= — 4 =	2,07 =	2,63	0,56
= 0 =	2,77 =	3,65	0,88
= + 4 =	3,61 =	5,01	1,40
= + 8 =	4,69 =	6,82	2,13
= + 24 =	17,10 =	20,60	3,50

Wären die Angaben von Regnault richtig, so fielen die von August durchgängig zu niedrig aus, und zwar wäre der Fehler desto größer, je höher die Temperatur wäre.

Die Dichte des Wasserdampfes *) ist ungefähr 0,622 oder $^5/_8$ der Dichte der Luft unter denselben Verhältnissen der Temperatur und des Druckes. Nach dieser Annahme kann man das Gewicht des Wasserdampfes berechnen, welches ein bestimmter Raum bei einer gegebenen Temperatur und für einen gegebenen Grad der Feuchtigkeit enthält. Bezeichnet p das Gewicht des in einem Liter Luft enthaltenen Dampfes bei der Temperatur t, d die Spannkraft dieses Wasserdampfes, P das Gewicht des Dampfes, wenn die Luft mit dem Dampfe gesättigt ist, D endlich die Spannkraft, welche dem Maximum für die Temperatur t entspricht (welchen Werth die Tabelle giebt), so hat man

$$p = 0{,}622 \frac{1^{\text{gr.}},299}{1 + 0{,}00367\, t} \cdot \frac{d}{760^{\text{mill.}}}$$

$$\text{und } P = 0{,}622 \frac{1^{\text{gr.}},299}{1 + 0{,}00367\, t} \cdot \frac{D}{760^{\text{mill.}}}$$

Es ist nämlich 0,622 die Dichte des Dampfes gegen Luft; 1,299 Grammes das Gewicht eines Liter trockner Luft bei 0° Temperatur (s. S. 470) und 760 Millimeter Druck (mittlerer Barometerstand s. S. 529), 0,00367 der Coefficient der Ausdehnung der Luft (s. d. Art. Ausdehnung).

Die Wärme, welche in Bezug auf die Dampfatmosphäre eine so einflußreiche Rolle spielt, kommt aber bei dem Processe der Umwandlung des Wassers und des Dampfes noch in einer bisher noch nicht in diesem Artikel erwähnten Weise in Betracht. Es wird nämlich bei der Verwandlung des Wassers in Dampf eine große

*) Ausführlicheres hierüber und über alles übrige den Wasserdampf betreffende s. im Art. Dampf.

Quantität Wärme verzehrt, während bei der Verwandlung des Dampfes in Wasser eine entsprechende Quantität Wärme frei wird (s. d. Art. Dampf). Die Dampfbildung bewirkt demgemäß unter allen Umständen Temperaturerniedrigung, die Wasserbildung (aus Dampf) Temperaturerhöhung. Es ist hier nicht der Ort die Versuche näher anzugeben, durch welche dieses wichtige Naturgesetz nachgewiesen wird; aber um eine bestimmte Vorstellung zu geben von der Größe des Einflusses den es auf die Atmosphäre haben muß, will ich hier nur ein Beispiel (nach Kämtz) anführen. Wir gießen in ein Gefäß ein Pfund Wasser von 0° C., schütten dazu ein Pfund Wasser von 100° C., so hat die Mischung eine Temperatur von 50° C. Und welches auch die Verhältnisse sein mögen, in denen die Wassermengen von den erwähnten Temperaturen stehen, stets erfolgt die Vertheilung der Wärme in dem Verhältnisse ihrer Mengen. Nehmen wir also 10 Pfund Wasser von 0° und schütten dazu 1 Pfund Wasser von 100° C., so ist die Temperatur der Mischung $\frac{10.0 + 1.100}{11} = 9^0, 1$ C. Wir wollen jetzt das eine Pfund Wasser von 100° C. in ein verschlossenes Gefäß schütten und von ihr eine Röhre in das Gefäß leiten, welches 10 Pfund Wasser von 0° enthält; wird jenes erhitzt, so bleibt seine Temperatur 100° C., die Dämpfe entweichen mit Schnelligkeit durch die Röhre in das kalte Wasser, und werden hier zu Wasser niedergeschlagen; und wenn das ganze Pfund Wasser verdunstet ist, so haben die 11 Pfund in dem Gefäße nicht wie oben eine Temperatur von 9°, sondern von 58° C. Die Dämpfe nämlich geben bei diesem Uebergange in Wasser ihre latente Wärme wieder ab, nnd diese erhöht daher die Temperatur der Mischung so bedeutend. Durch Versuche dieser Art hat man gefunden, daß die latente Wärme, welche der siedende Wasserdampf besitzt, nahe 535° beträgt, so daß seine gesammte Wärme 635° ist, d. h. die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein Pfund siedendes Wasser in Dampf zu verwandeln, ist ebenso groß als die Wärmemenge, durch welche dieses Wasser bis zu einer Temperatur von 635° erwärmt werden könnte, wofern dieses Wasser nicht in Dämpfe verwandelt würde.

Man sieht aus dem Angeführten, daß die Wärme, indem sie Wasser in Dampf verwandelt, zugleich gegen sich selbst agirt, dergestalt, daß wenn keine neue Wärmeerregung erfolgt, der ganze Prozeß sich selbst eine Grenze setzt, denn die Dampfbildung macht die Wärme verschwinden; und umgekehrt wird auch die Abkühlung, indem sie aus dem Dampfe Wasser erzeugt, sich selbst aufheben, da durch die Wassererzeugung Wärme hervorgebracht wird.

Wenn man eine mit Wasserdampf mehr oder weniger erfüllte Luftmasse langsam abkühlt, so tritt endlich eine Temperatur ein, bei welcher (wie schon gesagt wurde) die Luft mit der vorhandenen Dampfmenge gesättigt ist (bei welcher der Dampf auf das dieser niederen Temperatur entsprechende Maximum gekommen ist). Diese Temperatur heißt der Thaupunkt und wenn man dieselbe in der oben mitgetheilten Tafel aufsucht, so erhält man in der angegebenen Weise die Quantität des in der Luft enthaltenen Dampfes. Wenn also z. B. der Versuch bei einer herrschenden Temperatur von 20° R. angestellt wurde, und man fände durch das im Art. Hygrometer zu beschreibende Verfahren, daß der Thaupunkt 8°,3 R. wäre, so fände man in der August'schen Tafel für die Elasticität der Dämpfe 4''',48, und wüßte nun, daß der Druck der Dampfatmosphäre am Beobachtungsorte einer Quecksilbersäule von 4''',48 Höhe das Gleichgewicht halte. Durch den

Thaupunkt erhalten wir die absolute Dampfmenge. Je tiefer aber der Thaupunkt unter der in der Atmosphäre eben herrschenden Temperatur liegt, desto weniger ist diese im Verhältniß zu der Dampfmenge, die sie noch aufzunehmen vermag, mit Dampf erfüllt, aus diesem Unterschiede des Thaupunkts von der herrschenden Temperatur erkennen wir den Feuchtigkeitszustand der Luft oder die relative Dampfmenge. Mann kann diese wie folgt bestimmen. Es sei T die herrschende Temperatur, t der Thaupunkt, D die Dampfmenge, welche die Luft von der Temperatur T enthalten könnte, wenn sie mit Dampf gesättigt wäre (man erfährt diese aus der Tabelle), d die Dampfmenge, welche die Luft wirklich enthält und welche die Tabelle für t angiebt, so erhält man die Procente, welche die Luft von der Menge D enthält durch die Proportion $D : d = 100 : x$ und es ist also $x = \frac{100\, d}{D}$. Hat z. B. die Luft eine Temperatur von $T = 22^0,4$ R., und ist der Thaupunkt $t = 9^0,7$ R., so ist $D = 12''',84$, $d = 4''',99$; also $x = \frac{100.\ 4''',99}{12''',84} = 39$, d. h. die Luft enthält nur erst 39 Procent von demjenigen Dampfgehalt, welchen sie überhaupt aufzunehmen vermag, bevor bei dieser Temperatur ein Niederschlag erfolgen kann.

Längere Zeit fortgesetzte Beobachtungen über den Feuchtigkeitszustand der Luft besitzen wir von Neuber, welcher ein Jahr lang zu Apenrade von 7 Uhr Morgens bis 11 Uhr Abends alle zwei Stunden den Dampfgehalt der Atmosphäre bestimmte, von Kupffer, welcher in Petersburg ein Jahr hindurch von 8 Uhr Morgens bis Abends 10 Uhr beobachtete, endlich von Kämtz der mehre Jahre hindurch in Halle von 6 Uhr Morgens bis 10 Uhr Abends fast stündlich Beobachtungen über den in der Atmosphäre enthaltenen Dampf anstellte. Kämtz beobachtete auch längere Zeit an der Küste der Ostsee und auf den Alpen das Verhalten der Dampfatmosphäre. Die von Kämtz *) in Halle erhaltenen Bestimmungen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Für jede Stunde des Tages in den einzelnen Monaten eines Jahres sind erstens die absolute und zweitens die relative Dampfmenge angegeben. Die Bestimmungen für die Nachtstunden sind durch eine einfache Interpolation berechnet.

*) Vorles. über Meteor. S. 102.

Druck des Dampfes zu Halle in Pariser Linien.

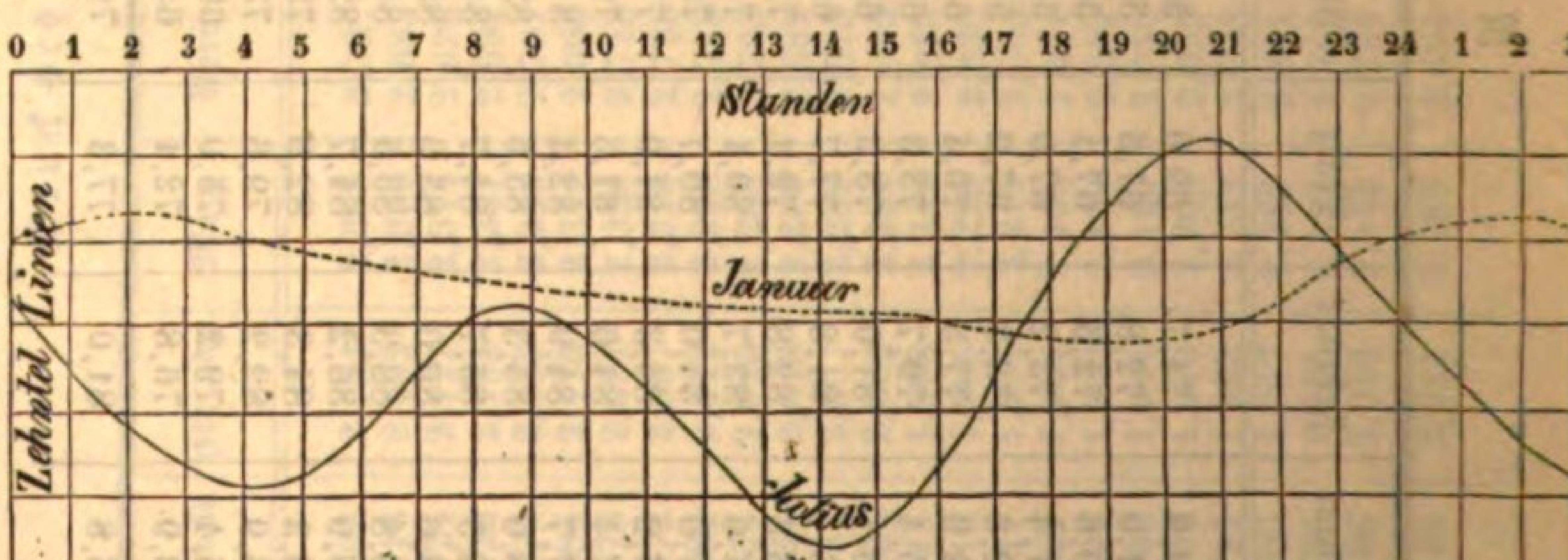
Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Stunde
Mittag	1,904	2,081	2,368	2,727	3,522	4,591	5,153	4,776	4,414	3,664	2,629	2,500	Mittag
1	1,916	2,102	2,369	2,683	3,493	4,556	5,064	4,704	4,382	3,674	2,650	2,501	1
2	1,924	2,127	2,374	2,696	3,490	4,531	5,017	4,697	4,316	3,648	2,651	2,511	2
3	1,920	2,134	2,361	2,699	3,482	4,527	4,972	4,680	4,281	3,611	2,625	2,501	3
4	1,899	2,135	2,345	2,701	3,468	4,536	4,954	4,684	4,243	3,593	2,611	2,495	4
5	1,885	2,116	2,341	2,698	3,505	4,553	4,989	4,710	4,240	3,574	2,581	2,474	5
6	1,878	2,091	2,338	2,713	3,539	4,581	5,037	4,753	4,256	3,591	2,559	2,466	6
7	1,872	2,067	2,318	2,725	3,566	4,636	5,176	4,783	4,249	3,579	2,534	2,449	7
8	1,860	2,042	2,298	2,718	3,594	4,698	5,215	4,812	4,258	3,529	2,517	2,443	8
9	1,854	2,026	2,285	2,703	3,581	4,671	5,209	4,866	4,261	3,495	2,502	2,446	9
10	1,841	2,018	2,269	2,682	3,594	4,606	5,175	4,738	4,277	3,459	2,476	2,431	10
11	1,834	2,007	2,259	2,675	3,569	4,518	5,109	4,694	4,243	3,423	2,471	2,425	11
Mitternacht	1,824	2,002	2,251	2,669	3,524	4,413	5,023	4,633	4,197	3,395	2,466	2,418	Mitternacht
13	1,815	1,996	2,242	2,655	3,464	4,325	4,944	4,571	4,134	3,366	2,461	2,414	13
14	1,812	1,986	2,228	2,630	3,408	4,280	4,899	4,530	4,062	3,333	2,456	2,412	14
15	1,811	1,971	2,214	2,605	3,373	4,280	4,909	4,529	4,004	3,296	2,451	2,410	15
16	1,809	1,951	2,198	2,591	3,374	4,349	4,971	4,581	3,985	3,265	2,446	2,405	16
17	1,805	1,933	2,188	2,603	3,413	4,430	5,071	4,679	4,014	3,256	2,441	2,396	17
18	1,800	1,921	2,190	2,640	3,470	4,503	5,180	4,782	4,082	3,298	2,437	2,392	18
19	1,799	1,919	2,206	2,695	3,549	4,631	5,302	4,908	4,186	3,322	2,449	2,386	19
20	1,797	1,925	2,242	2,773	3,624	4,625	5,370	5,021	4,326	3,435	2,464	2,374	20
21	1,805	1,957	2,285	2,811	3,632	4,647	5,342	5,024	4,431	3,575	2,507	2,382	21
22	1,828	1,995	2,323	2,816	3,597	4,613	5,270	4,942	4,451	3,650	2,538	2,430	22
23	1,866	2,046	2,344	2,785	3,574	4,574	5,197	4,862	4,422	3,671	2,597	2,473	23
Mittel	1,848	2,023	2,285	2,694	3,517	4,528	5,106	4,744	4,238	3,488	2,523	2,439	Mittel

Relative Feuchtigkeit in Halle.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
Mittag	82,8	74,7	69,9	59,7	57,8	59,9	55,7	54,2	61,3	69,3	80,9	84,1
1	81,0	72,8	67,5	56,8	55,5	57,5	53,3	50,8	58,9	66,7	79,7	82,6
2	80,6	72,5	67,1	56,2	53,9	55,8	52,1	49,1	57,4	66,1	79,6	82,8
3	81,4	73,2	67,0	56,3	53,3	55,1	51,2	49,3	57,1	66,5	80,2	83,2
4	82,3	75,3	67,9	57,6	53,7	56,0	51,6	50,2	57,6	68,4	81,8	84,7
5	83,9	77,5	70,4	61,6	56,2	58,4	54,2	52,1	59,5	70,8	83,4	85,5
6	85,4	79,7	73,3	62,6	59,6	61,7	57,2	55,3	63,1	74,6	84,4	86,3
7	86,1	81,0	75,3	65,8	63,4	65,6	62,3	58,7	66,8	77,5	85,4	86,7
8	86,4	81,8	77,7	69,3	67,2	70,5	67,5	62,4	71,0	79,4	86,1	87,1
9	86,5	82,8	79,1	72,1	70,7	74,2	71,2	65,5	74,8	80,9	86,7	88,0
10	87,0	83,7	80,1	74,2	73,9	76,8	74,4	69,1	78,3	82,6	87,0	88,1
11	87,0	84,0	80,7	76,0	75,7	78,6	76,9	71,5	80,4	83,5	87,3	88,2
Mitternacht	87,2	84,3	81,0	77,7	77,7	80,2	78,7	73,8	81,5	84,3	87,6	88,5
13	87,4	84,6	81,5	79,3	79,8	81,5	80,2	76,0	82,2	85,1	87,9	88,6
14	87,7	84,9	82,4	81,0	82,0	82,9	81,8	78,3	83,0	85,8	88,2	88,6
15	88,0	85,3	83,5	82,7	83,7	84,3	83,0	80,5	84,1	86,7	88,5	88,6
16	88,3	85,7	84,7	84,2	84,6	85,2	84,0	82,2	85,3	87,4	88,8	88,6
17	88,6	86,0	85,6	85,0	84,2	84,9	83,3	82,8	86,1	87,9	89,1	88,7
18	88,8	86,3	85,5	84,6	82,3	82,9	82,6	81,9	85,3	87,8	89,4	88,8
19	88,9	86,2	84,7	82,1	78,8	79,9	79,0	78,7	83,8	86,7	89,1	88,7
20	88,3	84,3	82,9	78,8	73,8	74,2	74,0	74,1	80,3	84,8	88,1	88,4
21	86,9	82,2	79,6	73,3	66,8	69,9	68,2	68,6	74,9	81,6	87,9	87,7
22	85,4	79,2	75,9	68,9	64,7	65,3	63,1	62,9	69,1	77,2	84,5	86,5
23	83,9	76,8	72,1	64,3	61,2	61,8	58,9	57,8	64,5	72,8	82,4	85,1
Mittel	85,8	81,0	77,3	71,3	69,2	71,0	68,5	66,1	72,8	78,9	85,6	86,8

Die Tabelle zeigt, daß in Halle im ganzen Jahr die Dampfmenge am kleinsten ist um die Zeit des Sonnenaufganges; es scheint, als ob dieses Minimum etwas später eintrete, als die kleinste Wärme; gleichzeitig ist dann wegen der niedrigen Temperatur die Feuchtigkeit am größten. Sowie die Sonne höher steigt und die Wärme zunimmt, beginnt der Verdunstungsproceß, die Luft erhält in jedem Momente eine größere Menge von Dämpfen; da aber letztere in der Luft einigen Widerstand bei ihrer Bildung erleiden, so entfernt sich die Atmosphäre immer weiter vom Zustande der Sättigung und die relative Feuchtigkeit wird daher kleiner. Letzteres geschieht bis etwa zu der Zeit, wo die größte Wärme eintritt; in Betreff der absoluten Dampfmenge zeigt sich jedoch eine bedeutende Verschiedenheit je nach den Jahreszeiten. Im Winter nämlich nimmt die Dampfmenge ziemlich regelmäßig bis zum Nachmittage zu; wenn dann aber später das Thermometer sinkt, so schlägt sich der Dampf zum Theil an den kälteren Gegenständen nieder, und bis zum folgenden Morgen nimmt die Dampfmenge ab, während in Folge eben dieser Wärmeabnahme die Luft relativ feuchter wird. Ganz anders ist das Verhalten im Sommer. Dann nämlich nimmt zwar die absolute Dampfmenge am Morgen ebenfalls schnell zu, aber es tritt bereits am Vormittage ein Maximum ein, welches in den verschiedenen Monaten bald früher, bald später stattfindet, und nun nimmt die absolute Dampfmenge wieder bis zur Zeit der größten Tageswärme ab, ohne jedoch einen so geringen Werth zu erreichen, als sie am Morgen hatte. Da während dieser ganzen Zeit die Wärme steigt, so versteht es sich von selbst, daß die Luft sich sehr schnell vom Sättigungspunkte entfernt. Nachdem die Dampfmenge diesen kleinsten Werth erreicht hat, nimmt sie aufs Neue zu, sie erreicht gegen Abend ein zweites Maximum, und nimmt von diesem aus bis zum folgenden Morgen ziemlich regelmäßig ab, während gleichzeitig die Luft relativ feuchter wird.

Die Zunahme und Abnahme der Dampfmenge für die Monate Januar und Juli ist in der beistehenden Zeichnung durch eine krumme Linie versinnlicht, welche entsteht, wenn man die Stundenzahl als Abscissen, die Zehntel-Linien der Tabelle als Ordinaten annimmt.



Kämtz spricht die Vermuthung aus, daß die Abnahme des Dampfes um die Mittagszeit nicht an allen Orten der gemäßigten Zone auf dieselbe Art erfolge, wie in Halle. Daß sie wenigstens an den Küsten des Meeres geringer sei als im Innern Deutschlands hat Kämtz selbst aus Beobachtungen gesehen, welche er im Sommer **1837** an der Küste der Ostsee bei Treptow an der Rega anstellte, indem

er sich derselben Instrumente wie in Halle bediente. Die Resultate dieser Beobachtungen waren folgende.

Stunde	Juli		August	
	Dampf	Feuchtigkeit	Dampf	Feuchtigkeit
Mittag	5''',046	69,3	5''',512	65,6
1	5,046	69,0	5,479	64,9
2	5,058	70,3	5,407	63,9
3	4,979	70,1	5,557	67,5
4	4,927	71,0	5,483	68,8
5	4,905	71,9	5,484	71,2
6	4,874	73,0	5,475	73,9
7	4,847	75,6	5,417	77,6
8	4,762	79,4	5,395	81,2
9	4,716	82,1	5,312	81,5
10	4,690	84,0	5,243	82,9
11	4,633	85,2	5,159	84,5
Mitternacht	4,557	85,7	5,064	85,6
13	4,487	85,9	4,986	86,2
14	4,453	86,2	4,958	86,8
15	4,472	86,4	4,956	87,3
16	4,545	86,2	5,007	87,5
17	4,654	84,9	5,109	86,7
18	4,776	82,1	5,246	84,6
19	4,872	78,6	5,370	81 6
20	4,908	75,1	5,526	78,0
21	4,933	72,6	5,562	73,7
22	4,891	69,2	5,608	72,0
23	4,959	68,6	5,572	68,2
Mittel	4,791	77,6	5,329	77,6

Der Gang der relativen Feuchtigkeit war, wie man sieht, beinahe derselbe wie in Halle, nur daß die Differenz zwischen dem feuchtesten und dem trockensten Momente geringer ist als in Halle. Die Dampfmenge aber steigt im Juli ziemlich regelmäßig von Morgen bis Nachmittag; im August wird zwar um Mittag eine Abnahme des Dampfes merklich, ist aber viel geringer als in Halle. Weder im August noch im Juli tritt eine zweite Zunahme am Abende hervor. Die Beobachtungen von Neuber in Apenrade (an einem Meerbusen des kleinen Belt gelegen) gaben ähnliche Resultate. Dove *) hat aus diesen Beobachtungen folgende Größen für den Druck des Dampfes berechnet.

*) Vergl. Kämtz, Vorlesungen über Meteor. S. 106.

Stunde	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
7 Morgens	2‴,54	2‴,19	2‴,07	3‴,00	3‴,57	4‴,93	5‴,46	5‴,24	4‴,88	3‴,64	2‴,95	2‴,72
9 „	2,57	2,20	2.19	3,30	3,94	5,19	5,90	5,78	5,71	3,93	2,98	2,73
11 „	2.62	2,36	2,32	3,58	4,10	5,53	6,22	6,27	5,98	4,26	3,19	2,81
12 „	2,71	2,44	2,38	3,57	4,13	5,70	6,22	6,46	6,07	4,31	3,24	2,83
1 Abends	2,75	2,47	2,44	3,59	4,18	5,65	6,34	6,58	6,18	4,37	3,22	2,85
3 „	2,69	2,45	2,41	3,60	4,09	5,63	6,36	6,45	6,27	4,33	3,16	2,85
5 „	2,61	2,29	2,26	3,43	4,03	5,41	6,13	6,26	6,05	4,13	3,08	2,80
7 „	2,56	2,16	2,15	3,18	3,84	5,10	5,18	5,73	5,57	3,90	3,03	2,76
9 „	2,56	2,15	2,13	3,12	3,57	4,68	5,21	5,31	5,23	3,83	3,00	2,73
11 „	2,56	2,15	2,12	2,97	3,33	4,35	5,00	4,95	4,91	3,75	2,97	2,72

Die Abweichungen dieser Resultate von denen, welche Kämtz für Halle gefunden, sind sehr bedeutend. Während in Halle in jedem Sommermonate eine bedeutende Abnahme der Dampfmenge um die Mittagszeit stattfindet, ist hiervon in Apenrade keine Spur zu bemerken, sondern die Dampfmenge steigt und sinkt gleichzeitig mit der Wärme. Die Unterschiede zwischen dem größten und geringsten Werthe sind in Apenrade weit größer als in Halle.

Den Gang der Erscheinung, wie er ihn in Halle beobachtet, erklärt Kämtz*) sehr anschaulich durch folgende Bemerkungen. Wir müssen den ganzen Unterschied als eine Wirkung theils des aufsteigenden Luftstroms, theils des Widerstandes ansehen, welchen die Luft der Bewegung der Dämpfe entgegensetzt. Wenn nämlich am Morgen mit der Zunahme der Wärme die Verdunstung beginnt, so findet der Dampf den mehrfach erwähnten Widerstand in der Luft, und in der Nähe des Bodens zeigt sich daher in den ersten Morgenstunden eine schnelle Zunahme der Dampfmenge, wie es die Beobachtungen an allen Orten zeigen. Diese Anhäufung scheint sich nicht bis zu bedeutender Höhe zu erstrecken; sowie indessen namentlich im Sommer der aufsteigende Luftstrom beginnt, so werden die Dämpfe von ihm gleichzeitig mit in die Höhe gerissen, desto mehr, je lebhafter er selbst ist, was besonders um die Zeit der größten Tageswärme geschieht. Obgleich daher die Verdunstung des Bodens jetzt wegen erhöheter Temperatur mit größerer Schnelligkeit erfolgt, als am Morgen, so hat doch der aufsteigende Luftstrom das Uebergewicht und es zeigt sich daher eine Abnahme der Dampfmenge. Wenn das Thermometer gegen Abend zu sinken anfängt, so nimmt der aufsteigende Luftstrom an Stärke ab, ja er hört endlich ganz auf. Es erfolgt nun nicht bloß ein längeres Verweilen des fortwährend gebildeten Dampfes in den unteren Schichten, sondern dieser sinkt sogar zum Theil aus der Höhe herab und daher finden wir gegen Abend eine neue Zunahme, worauf die in der Nacht erfolgenden Niederschläge, wie Thau ꝛc., Ursache der neuen Abnahme bis zum folgenden Morgen sind.

Hierdurch sind aber die Abweichungen in Apenrade und Deep bei Treptow nicht erklärt. Sie erklären sich aber ganz einfach aus dem Umstande, daß diese Orte am Meere gelegen sind, während Halle im Innern des Continents sich befindet und beweisen das unterschiedene Verhalten des Seeklima's von dem Continental=

*) Vorlesungen üb. Meteor. S. 107.

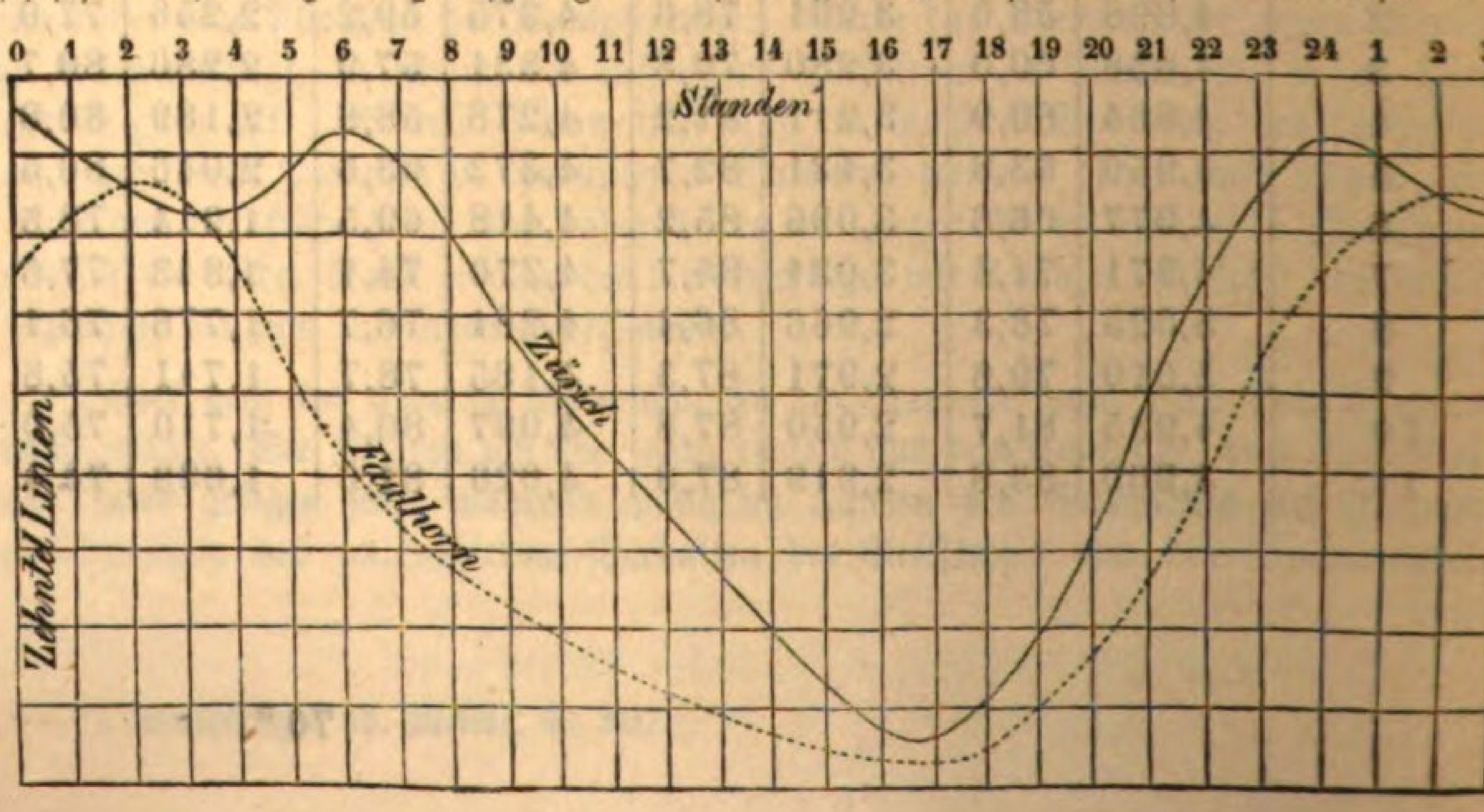
klima in Bezug auf den Gang des Dampfgehalts der Atmosphäre. Wo eine verhältnißmäßig große Wassermasse vorhanden ist, da muß der Verdampfungsproceß unter dem Einflusse der Tageswärme ungleich größer sein als da, wo das Wasser in viel geringerer Quantität und Ausbreitung zugegen. Wie Kämtz sagte, so findet zur Zeit der größten Tageswärme zweierlei statt: erstens Vermehrung der Dampfentwicklung, zweitens Erzeugung eines aufsteigenden Luftstromes, welcher die Ausbreitung des vorhandenen Dampfes nach der Höhe begünstigt. Das erste Moment wirkt vermehrend, das zweite vermindernd auf den Dampfgehalt eines bestimmten Volumens der Luft. Ueber dem Continentalklima prävalirt das zweite Moment, in dem Seeklima das erste, besonders auch deshalb, weil in Folge des aufsteigenden Stromes über dem Lande von dem kühleren Meere die mit Dämpfen reich geschwängerte Luft als Seewind nach dem Lande hin sich bewegt, und so wird hier zur Zeit der größten Tageswärme Vermehrung, dort Verminderung des Dampfgehaltes der Luft nothwendig eintreten.

Die Richtigkeit seiner Annahme über die Ursache der täglichen Variation des Dampfgehaltes findet Kämtz in seinen hygrometrischen Beobachtungen an hochgelegenen Orten. Während nämlich in geringer Höhe die Dampfmenge um Mittag ebenso abnimmt, als Kämtz für Halle angab, finden wir an den obern Punkten im Laufe des Tages eine schnelle Zunahme und am Abend eine schnelle Abnahme der Dampfmenge, beides, wie es scheint, desto mehr, je höher der Punkt liegt. Kämtz hat im Juni 1832 und 1833 auf dem Rigi (5500 Fuß) und im September und October derselben beiden Jahre auf dem Faulhorne (8200 Fuß) das Hygrometer stündlich beobachtet, während Horner dasselbe in Zürich that. Die Mittel beider Jahre ergeben für relative und absolute Feuchtigkeit die folgenden Größen:

Stunde	Zürich		Rigi		Zürich		Faulhorn	
	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.	Absolut	Relat.
Mittag	4''',840	58,9	3''',344	80,3	4''',445	64,0	2''',156	73,4
1	4,870	58,7	3,322	78,2	4,370	60,7	2,232	75,7
2	4,898	58,6	3,291	78,6	4,375	59,2	2,256	77,0
3	4,838	60,0	3,280	79,8	4,331	57,9	2,286	80,7
4	4,864	60,9	3,211	81,2	4,278	58,8	2,189	80,8
5	4,950	63,8	3,131	82,7	4,372	63,6	2,046	80,5
6	4,977	66,6	3,096	85,2	4,418	69,5	1,914	78,5
7	4,971	71,4	3,031	85,7	4,370	74,1	1,843	77,6
8	5,025	76,3	2,966	86,4	4,281	76,7	1,776	76,1
9	5,010	79,6	2,971	87,3	4,185	78,7	1,741	75,8
10	4,935	81,7	2,950	87,8	4,097	80,4	1,710	75,0
11	4,900	83,8	2,919	87,8	4,026	81,6	1,683	74,4

Stunde	Zürich Absolut	Zürich Relat.	Rigi Absolut	Rigi Relat.	Zürich Absolut	Zürich Relat.	Faulhorn Absolut	Faulhorn Relat.
Mitternacht	4''',854	85,3	2''',896	87,7	3''',962	82,4	1''',654	73,7
13	4,801	86,7	2,874	87,7	3,893	83,1	1,622	73,0
14	4,748	87,7	2,850	87,6	3,818	83,8	1,591	72,6
15	4,705	89,0	2,821	87,5	3,746	84,8	1,565	72,3
16	4,683	90,0	2,795	87,5	3,689	85,7	1,550	72,1
17	4,687	89,7	2,778	87,0	3,680	86,4	1,550	71,9
18	4,740	86,9	2,847	85,7	3,716	86,8	1,559	71,9
19	4,822	82,4	2,909	84,6	3,757	84,5	1,607	70,6
20	4,935	76,9	2,996	83,4	3,931	80,6	1,678	69,8
21	4,902	69,9	3,111	81,2	4,162	76,2	1,773	69,7
22	4,910	65,1	3,222	81,1	4,223	70,4	1,894	71,3
23	4,899	61,7	3,293	81,5	4,329	67,1	2,050	71,8
Mittel	4,865	74,6	3,037	84,3	4,102	74,8	1,830	74,4

Vergleichen wir zunächst die absolute Dampfmenge in Zürich und auf dem Rigi, so ist der Druck der Dampfatmosphäre an beiden Orten um die Zeit des Sonnenaufganges am kleinsten und erreicht in der Tiefe um etwa 9 Uhr Morgens einen größten Werth; hierauf folgt eine schwache Abnahme derselben, so daß wir um etwa 3 Uhr eine Größe finden, welche etwa 0''',1 kleiner ist als am Morgen; indem die Dampfmenge aufs Neue zunimmt, tritt um die Zeit des Sonnenunterganges ein zweiter größter Werth ein, und nun nimmt die Menge des Dampfes ziemlich regelmäßig bis zum folgenden Morgen ab. Auf dem wenige Stunden entfernten, aber über 4000 Fuß höher liegenden Rigi fehlt diese Abnahme um die Mittagszeit gänzlich, der aus den Ebenen schnell in die Höhe geführte Dampf ist Ursache, daß seine Menge bis zum Mittage zunimmt, und wenn gleich am Abend auch hier die Dämpfe aus den oberen Schichten in die Tiefe sinken, so gehen sie doch von diesem Punkte sogleich weiter nach unten. Noch entschiedener zeigen dieses die Beobachtungen auf dem Faulhorne, wo der größte Druck des Dampfes erst einige Stunden nach dem Mittage eintritt. Untenstehende Figur enthält eine graphische Darstellung der gleichzeitigen Verhältnisse in Zürich und auf dem Faulhorne.



Gemäß dem unterschiedenen Verhalten der hochgelegenen Orte im Vergleich mit den niedrig gelegenen in Bezug auf die absolute Dampfmenge findet auch in Betreff der relativen Feuchtigkeit ein Unterschied statt. Da sich nämlich der den Niederungen durch die aufsteigenden Luftströme entzogene Dampf in die Höhen erhebt, so muß hier eine größere Gleichmäßigkeit des Feuchtigkeitszustandes herrschen als dort, und zwar muß diese Gleichmäßigkeit mit der Erhebung über den Meeresspiegel zunehmen. Endlich muß man überall bei der Erhebung in eine Region der Atmosphäre gelangen, in welcher gar kein täglicher Wechsel im Feuchtigkeitszustande während des Verlaufs eines Tages stattfindet.

Noch größer als im Verlaufe eines Tages muß der Dampfgehalt der Atmosphäre im Laufe eines ganzen Jahres variiren, da ja auch die bedingende Ursache, die Temperatur, im Verlaufe eines Jahres noch weit stärkeren Wechseln unterworfen ist als in der Dauer eines Tages. Kämtz*) hat in Halle folgende absolute und relative Dampfmengen für die einzelnen Monate als deren Mittel gefunden.

Monat	Absolut	Relativ
Januar	1''',999	85,0
Februar	2,105	79,9
März	2,264	76,4
April	2,769	71,4
Mai	3,474	69,1
Juni	4,537	69,7
Juli	5,154	66,5
August	4,744	66,1
September	4,238	72,8
October	3,488	78,9
November	2,502	85,3
December	2,482	86,2

Im Januar, wo die Wärme am kleinsten ist, finden wir in der Luft die kleinste Dampfmenge, gleichzeitig aber erreicht die relative Feuchtigkeit nahe ihren größten Werth. Sowie die Wärme im Winter und Frühling steigt, nimmt die Dampfmenge wegen der vermehrten Verdunstung zu. Dieses geschieht anfänglich langsam, zum Theil wohl deshalb, weil dann häufig Ostwinde wehen, die aus dem Innern des Festlandes trockene Luft herbeiführen. So erreicht die Dampfmenge ihren größten Werth im Juli und gleichzeitig ist dann die Luft am trockensten. Wenn nun die Wärme gegen den Winter hin abnimmt; so vermag sie nicht mehr so viel Dämpfe zu entwickeln, als sich im Regen, Thau rc. niedergeschlagen haben, ihre Menge nimmt also bis zum Ende des Jahres ab, gleichzeitig aber nimmt die Feuchtigkeit sehr schnell zu und scheint im November und December sogar größer zu sein als im Januar: eine Thatsache, welche auch durch das unfreundliche, naßkalte Wetter dieser beiden Monate erwiesen wird.

Denselben einfachen Gang der absoluten Dampfmenge in Uebereinstimmung mit dem jährlichen Gange der Temperatur findet man an allen Orten, an denen man Beobachtungen über dieselbe angestellt hat. Ueberall liegt das Maximum der

*) Vorlesungen üb. Meteor. S. 111.

Dampfmenge in den wärmsten Sommermonaten (Juli oder August). In der nachfolgenden Tabelle sind solche Beobachtungen zusammengestellt. Die Angaben sind in französischen Linien, mit Ausnahme der Beobachtungen in Petersburg, Lugan, Slatust, Bogoslowsk und Catharinenburg, welche auf englische Linien sich beziehen. Der Uebersicht wegen sind die Angaben der absoluten Dampfmenge für Halle in diese Tabelle nochmals mit aufgenommen.

	Halle	Jena	Apenrade	London	Petersburg	Lugan	Slatust	Bogoslowsk	Catharinenburg	Calcutta	Benares	Nasirabad	Seringapatam	Poonah
Breite					59° 57′	48° 35′	55° 11′	59° 45′	56° 50′					
Länge P					27° 59′	37° 1′	57° 25′	57° 39′	58° 14′					
Monat														
Januar	1,999	1,955	2,335	2,82	1,06	0,68			0,65	4,53	4,64	2,278	5,179	4,718
Februar	2,105	2,110	2,235	2,89	1,19	1,22			0,67	5,88	4,69	2,416	5,922	3,851
März	2,264	2,118	2,573	3,38	1,45	1,54			0,98	7,25	4,94	2,476	6,113	3,907
April	2,769	2,446	3,495	3,84	1,87	1,82			1,14	8,35	5,37	2,701	7,633	5,664
Mai	3,474	3,703	4,280	4,19	2,33	3,44			1,82	10,59	6,91	2,972	7,633	7,082
Juni	4,537	4,134	5,435	5,05	3,09	4,43		3,51	3,05	10,69	10,69	6,575	7,397	8,614
Juli	5,157	4,916	6,133	5,56	3,90	4,84	3,90	4,03	3,80	10,64	11,09	8,568	7,161	8,760
August	4,744	4,419	5,968	5,78	4,07	4,26	3,92	3,76	3,63	10,74	11,66	8,523	6,687	8,411
September	4,238	4,091	5,525	5,28	3,41	2,83	2,71	2,22	2,46	10,15	10,66	7,239	6,687	7,985
October	3,488	2,954	4,338	4,15	2,29	2,47	1,53	1,77	1,61	9,38	8,99	3,771	7,161	6,903
November	2,502	2,277	2,902	3,55	2,12	1,87	1,09	1,15	1,13	6,45	6,19	3,232	6,622	5,461
December	2,482	2,175	2,790	3,28	1,27	1.58	0,74	0,54	0,71	5,62	4,42	2,780	5,845	3,626
Mittel	3,31	3,118	4,00	4,147	2,33	2,58			1,80	8,35	7,55	4,47	6,67	6,25
Unterschied	3,16	2,96	3,90	2,96	3,01	4,16	3,16	3,49	3,15	6,21	7,27	6,35	2,45	4,90

Diese Tabelle giebt Dove*) zu den Bemerkungen Veranlassung: 1) In der Zone der Moussons**) steigt in den Sommermonaten die Elasticität der Dämpfe so plötzlich, daß die unverhältnißmäßige Zunahme einer fremden Ursache, dem Eindringen des feuchten SW. Mousson zuzuschreiben ist. 2) In der gemäßigten Zone nimmt die Elasticität der Dämpfe mit der Entfernung von der Küste immer mehr ab und scheint sich in der jährlichen Periode desto stärker zu ändern, je weiter man in das Innere der Continente vordringt.

Ohne Zweifel haben locale Verhältnisse (die Beschaffenheit der festen Erdoberfläche und die Vertheilung von Wasser und Land) den größten Einfluß auf den absoluten und relativen Dampfgehalt der Luft über diesen Orten. Der klimatische Charakter einer Gegend und die Beschaffenheit der ihm eigenthümlichen Thier- und Pflanzenwelt, sowie das Wohlbefinden der Menschen (die Krankheitsverhältnisse) in solchen Gegenden, ja sogar die Betriebsamkeit derselben hängen mit dieser Beschaffenheit der Luft aufs Innigste zusammen. — Im Allgemeinen ist es außer Zweifel, daß die absolute Menge des in der Luft enthaltenen Dampfes desto größer ist, je größer die Wärmeentwicklung über einer Gegend ist, daß also dieselbe unter dem Aequator am größten ist und von da bis zu den Polen hin abnimmt. Die relative Feuchtigkeit braucht aber nicht in gleichem Verhältnisse abzunehmen, weil

*) Dove, Repert. Bd. IV. S. 266.

**) Derselben gehören unter den Orten der Tafel an: Calcutta, Benares, Nasirabad, Seringapatam und Ponah.

die Wärme der Luft eine größere Fähigkeit mittheilt, Dampf in sich aufzunehmen. Es kann demgemäß die Atmosphäre in kälteren Gegenden feuchter sein als in wärmeren, obgleich die absolute Dampfmenge dort größer ist als hier. Ueber dem offenen Meere ist, wie es scheint, die Dampfmenge in der Luft stets mit Dämpfen von Meerwasser gesättigt. Kämtz*) hat hierüber interessante Bemerkungen gemacht. Das Meerwasser enthält bekanntlich eine größere oder geringere Menge von Salzen und diese treten dem Verdampfungsproceß dergestalt hemmend entgegen, daß sich aus Meerwasser nur so viel Dampf entwickelt, wie aus reinem Wasser, welches um ungefähr 3°,5 kälter ist. Die Erfahrung lehrt aber, daß über dem Meere der Thaupunkt durchschnittlich um dieselbe Größe unter der Temperatur des Meerwassers liegt. Auf dem Festlande nimmt der Dampfgehalt mit der Entfernung von den Küsten ab, d. h. je größer diese, desto kleiner ist jener. Im Innern großer Continente herrscht daher große Trockenheit. So fanden v. Humboldt**) in den Ebenen Sibiriens und d'Abbadie***) in Abyssinien eine außerordentliche Trockenheit (obschon hier Wasseransammlungen in der Nähe waren). Im Innern der Vereinigten Staaten in Nordamerica, in der Wüste Asiens und Africa's und im Innern Neuhollands macht man dieselbe Erfahrung.

Man hat, gestützt auf Bemerkungen von Saussure, Deluc und Humboldt, im Allgemeinen angenommen, daß die Feuchtigkeit der Luft in der Höhe bei weitem geringer sein müsse als an niedrig gelegenen Orten. Es ist auch gewiß, daß die Dampfatmosphäre ebenso wie die Luftatmosphäre mit der Höhe an Dichtigkeit abnehmen müsse, und da das Wasser, aus welchem sich der Dampf entwickelt, den Niederungen zuströmt, so muß man hier auch die größte Dampfmenge erwarten. Die relative Feuchtigkeit ist jedoch nicht bloß, wie wiederholt bemerkt wurde, von der Quantität des vorhandenen Dampfes abhängig, sondern auch von der Fähigkeit der Luft Dampf zu absorbiren, und diese ist desto größer, je höher die herrschende Temperatur ist. Da nun die Temperatur mit der Höhe abnimmt, der Dampf aber aus den Niederungen emporsteigt, so kommt es nur darauf an, daß die Temperaturabnahme in der Höhe verhältnißmäßig schneller erfolgt als die Abnahme der in der Luft enthaltenen Dampfmenge, um eine größere Feuchtigkeit in der Höhe zu erzeugen, als in den niedern Gegenden herrscht. Neuere Beobachtungen von Kämtz †) bestätigen dies. Derselbe gelangte durch seine Beobachtungen in den Alpen zu der Ansicht, daß im Ganzen die Luft der höheren Schichten wenigstens ebenso feucht sei als in den Tiefen. Die Zeit, während welcher Kämtz im Jahre 1832 auf dem Faulhorne verweilte, zeichnete sich durch große Heiterkeit aus, nur an wenigen Tagen war der Himmel bewölkt, oder der Beobachter von Nebeln eingeschlossen. Dagegen war das Ende des Sommers 1833 hier, sowie in ganz Deutschland sehr naß und nur selten sah Kämtz mehrere Stunden hinter einander die Sonne; heftige Regengüsse und starkes Anschwellen der Flüsse richteten in der Schweiz vielen Schaden an. Die relative Feuchtigkeit war im Jahre 1832 in Zürich 74,4, auf dem Faulhorne 63,3; im Jahre 1833 in Zürich 75,3, auf dem Faulhorne 85,5. Während also in dem ersten dieser Jahre die Luft in

*) Pogg. Ann. Bd. XXX. S. 62. Kämtz, Vorles. üb. Meteorol. S. 113.
**) Pogg. Ann. Bd. XXIII. S. 102.
***) Pogg. Ann. Bd. LVIII. S. 574.
†) Vorlesungen üb. Meteor. S. 117. Vergl. Pogg. Ann. Bd. XXX. S. 55.

der Höhe weit trockener war als in der Tiefe, fand im folgenden das Gegentheil statt, aber es war vorzugsweise in der Höhe, wo sich der verschiedene Charakter beider Witterungen zu erkennen gab. Die erste Betrachtung, welche sich darbietet, um diese Ungleichheit der relativen Feuchtigkeit zu erklären, ist die Annahme, daß die Elasticität des Dampfes bei trockenem Wetter schneller nach oben abnimmt, als bei feuchtem; doch scheint dieser Umstand allein nicht die ganze Verschiedenheit zu bedingen, denn im Jahre 1832 war der Druck der Dampfatmosphäre auf dem Faulhorne 1''',662, in Zürich 3''',900; die Messungen des Jahres 1833 gaben diesen Größen die Werthe 1,998 und 4,305, während also in dem trockenen Jahre 1832 die Dampfmenge auf dem Faulhorne 0,43 von der in Zürich ist, beträgt sie in dem nassen Jahre 1833 0,46 derselben; und wenn sich hier gleich eine Zunahme in dem letztern Jahre zeigt, so ist diese doch zu gering, um die oben erwähnte bedeutende Differenz zu bedingen. Weit einflußreicher zeigt sich das zweite hierbei wirksame Element, nämlich die Temperatur. Diese betrug im Jahre 1832 in Réaumurschen Graden in Zürich 10°, 14, auf dem Faulhorne 1°, 97; im Jahre 1833 in Zürich 11°, 34, auf dem Faulhorne 0°, 41; im erstern Jahre mußte man sich um 148 Toisen erheben, wenn die Wärme um 1° R. sinken sollte, im zweiten betrug diese Größe nur 105 Toisen; es wird hiernach also sehr wahrscheinlich, daß die Wärme sich bei heiterem Wetter nach der Höhe weit langsamer ändere, als bei trübem, ja daß in dieser durch Winde und andere Umstände bewirkten Verschiedenheit selbst einer der wichtigsten Gründe für die Ungleichheit im Ansehen des Himmels liegt.

Wir haben in dem Vorstehenden von der chemischen Beschaffenheit der Atmosphäre der Erde und von den physikalischen Eigenschaften derselben soweit gesprochen, als dies nöthig war, um im Allgemeinen die Vorstellung von derselben fest zu stellen. Ueber die Bewegungen in der Atmosphäre und deren Wirkungen in Bezug auf Aenderungen im Drucke und in dem Dampfgehalt (s. Wind), über die Wirkung der Atmosphäre auf das durch sie hindurch gehende Licht (s. Strahlenbrechung), über die Farbe derselben (s. Farbe des Himmels und Dämmerung), über die Temperaturverhältnisse in derselben (s. Temperatur) muß, sowie in Betreff der einzelnen in ihr vorkommenden Erscheinungen auf die einzelnen diese Gegenstände behandelnden Artikel verwiesen werden, und nur die Bemerkung mag hier noch Platz finden, daß die Atmosphäre der Sitz aller Meteore ist, daher man die Lehre von diesen, die Meteorologie, auch Atmosphärologie genannt hat.

II. Atmosphäre der Sonne.

Die Frage, ob die Sonne eine Atmosphäre habe oder nicht, ist noch nicht entschieden. Cassini beobachtete 1683 zuerst das Thierkreislicht (s. d. Art.) und meinte, wie nach ihm viele Andere, daß dasselbe die Atmosphäre der Sonne sei. Dieses Thierkreislicht erstreckt sich bis weit über die Erdbahn hinaus. Nachdem schon unter dem Art. Atmosphäre der Erde erwähnten von Laplace angegebenen Mittel, die größtmögliche Höhe der Atmosphäre eines Weltkörpers zu bestimmen, nämlich als Grenze die Entfernung anzunehmen, wo die Centrifugalkraft der Schwere das Gleichgewicht hält, müßte aber die Grenze der Atmosphäre der Sonne zugleich die Bahn eines Planeten sein, dessen Umlaufszeit der Zeit gleich wäre, in der sich die Sonne um ihre Axe bewegt, also 25½ Tage. Hiernach kann die Sonnenatmosphäre nicht bis an die Bahn des Merkur (der über 87 Tage zu

Vollendung seiner Bahn braucht) reichen*). Das Thierkreislicht wäre hiernach also nicht die Atmosphäre der Sonne. Vergl. auch d. Art. Sonne.

III. Atmosphäre des Mondes.

Auch vom Monde weiß man noch nicht gewiß, ob er eine Atmosphäre habe oder nicht. Viele sind schon deswegen geneigt, eine Atmosphäre des Mondes anzunehmen, weil sie glauben, daß auf demselben alles ähnlich wie auf der Erde sei. Bei der totalen Sonnenfinsterniß im J. 1715 wollte Louville Blitze auf dem dunkeln Monde gesehen haben und schloß daraus mit großer Zuversicht auf das Vorhandensein einer Atmosphäre des Mondes. Die Erscheinung, welche Louville beobachtete, war aber entweder eine Täuschung der Augen oder eine Erscheinung in der Erdatmosphäre, wie auch die Sternschnuppen nicht von den Sternen abfliegen. Die Blitze müßten ungeheuer sein, die in einer so großen Entfernung noch wahrgenommen würden. Ferner hat man bei Sonnenfinsternissen zuweilen (z. B. bei der erwähnten von 1715) einen hellen Ring um den Mond bemerkt und diesen für die Atmosphäre desselben angesehen. Allein dieser Ring entsteht nach Bode**) in unserer Atmosphäre. Da nämlich der Schatten des Mondes immer nur einen kleinen Theil unserer Atmosphäre bedeckt, so sehen wir, wenn wir das Auge auf die verfinsterte Sonne richten, zugleich auf die benachbarten erleuchteten Theile unserer Atmosphäre, in welcher die Dünste, die das Licht zurückwerfen, uns ebenso wie die Sonnenstäubchen in dem Lichtstrahle, welcher in ein übrigens dunkles Zimmer fällt, erleuchtet erscheinen. Je mehr die Luft mit Dunsttheilchen erfüllt ist, desto stärker wird jener Ring zu sehen sein. Ueberdies müßte die Atmosphäre des Mondes sehr groß sein, wenn sie uns in jenem Ringe erscheinen sollte, nach allen andern Beobachtungen kann aber die Atmosphäre des Mondes, wenn sie überhaupt vorhanden ist, nur sehr gering sein. Während nämlich ein Fixstern, vor welchem ein der uns näher stehenden Planeten (Venus oder Mars) vorübergeht, nach und nach schwächer gesehen wird, je näher ihm der Planet tritt, also allmälig von der Atmosphäre des Planeten verdunkelt wird; wird ein Fixstern, bei dem der Mond vorübergeht, beim Annähern desselben nicht im geringsten getrübt, sondern verschwindet plötzlich hinter dem Rande des Mondes und tritt dann eben so plötzlich in seinem vorigen Glanze auf der andern Seite des Mondes wieder hervor. Doch wäre es möglich, daß der Mond eine Atmosphäre hätte, nur müßte dieselbe viel schwächer und niedriger als die der Erde sein. Das letztere würde übrigens auch jedenfalls der Fall sein müssen, da der Mond ein so viel kleinerer Körper ist als die Erde. Die Mondatmosphäre ist besonders durch Schröter***) vertheidigt worden. Schröter hat nämlich kurz vor und nach dem Neumonde über die Spitzen des Mondes hinaus ein mattes Zwielicht entdeckt und daraus die Höhe der Atmosphäre des Mondes, die noch stark genug ist, das Licht zurückzuwerfen, zu 800 Fuß berechnet. Die beobachtete Erscheinung beschreibt er folgendermaßen: „Mit völliger Deutlichkeit und Schärfe liefen beide Hörnerspitzen sehr fein und matt, fast gar nicht unterbrochen, ab, von der dunkeln Seite war aber noch nichts zu bemerken. Auf einmal aber fing die dunkle Halbkugel, aber bloß am Rande und bloß an beiden Hörnerspitzen, auf einige Grade weit an sich zu

*) Laplace, Exposit. de système de monde. Liv. IV. ch. 9.
**) Astron. Jahrb. 1820. S. 193.
***) Selenotopographische Fragmente. Göttingen 1791. 2 Bde.

entwickeln; dieser Rand hatte eine ganz andere Farbe als die äußersten Hörnerspitzen und fiel, ganz wie es die Dämmerung fordert, immer matter ab. Von der ganzen übrigen dunkeln Halbkugel war nichts zu sehen und erst acht Minuten später ward (bei abnehmender Tageshelle) der übrige Rand der dunkeln Halbkugel sichtbar." Auch erscheinen die Berge des Mondes in einem matteren Lichte, wenn sie nahe an der Lichtgrenze liegen, wo ihnen die Sonne eben auf- oder untergeht, als wenn sie tief in der beleuchteten Seite des Mondes liegen, weil die Sonnenstrahlen dort einen längeren Weg durch die untere dichtere Atmosphäre des Randes nehmen müssen, während sie dieselbe in einer darauf senkrechten Richtung auf einem viel kürzeren Wege durchschneiden. Endlich hat man auch, obwohl nur schwache Abänderungen an der Oberfläche des Mondes bemerkt, die unseren Wolken ähnlich zu sein scheinen und die Gestalt und Farbe der Flecken und Berge oft so ändern, daß die Schatten der letzteren auf die Seite, auf welcher die Sonne steht, zu fallen scheinen, durch welches alles die Existenz einer, obschon schwachen und sehr feinen Mondatmosphäre sehr wahrscheinlich wird. So bemerkte Schröter in einer Gegend des mare crisium, daß ein kleiner länglicher Berg, den er schon oft daselbst beobachtet, sich auf einmal in einen runden Kraterberg verwandelt hatte. Bei der nächsten Beobachtung fand er indeß den ehemaligen länglichen Berg wieder und später zeigte sich ihm dieser Gegenstand, außer noch andern kleinen Umständen, wieder in der Kraterform. Oft wechselten diese Erscheinungen binnen 15 Stunden, so daß früh der längliche Berg, Abends der Krater zu sehen war. An einen Einfluß des Sonnenstandes war also dabei nicht zu denken. Auch bemerkte Schröter in der Nachbarschaft dieses Punktes noch andere Veränderungen, z. B. eine graue bergähnliche Masse in einer sonst nur als Ebene bekannten Gegend; zu einer andern Zeit einen schwarzen Schatten auf ungewöhnliche Weise in einem Krater und wieder unerwartete Lichtstreifen durch die ganze graue Fläche des mare crisium und dergl. m. Schröter nimmt nun an, daß jener Berg wirklich ein Krater sei, der aber durch Verdichtungen der Mondatmosphäre, die in seiner Nähe sehr häufig zu sein scheinen, jenes veränderliche Ansehen erhält. Diese Verdichtungen mögen oft nur bloße Rauchwolken sein, die aus der Tiefe der Krater emporsteigen und sich dann neben ihnen lagern. Auch der Berg de la Hire des Regenmeeres zeigt solche veränderliche Gestalten. Oft scheinen sich die Wolken der Mondatmosphäre, jedoch nur in den niedrigern Gegenden, über bedeutende Flächen zu erstrecken. So erscheint z. B. die mehr als 100 Geviertmeilen große Fläche Cleomedes zu einer Zeit hell, zu einer andern bei dem nämlichen Stande der Sonne grau. In einigen Gegenden scheinen diese Veränderungen bloß nach Sonnenuntergang stattzufinden. Der äußerst helle Fleck Proklus ist fast nie in der Nachtseite des Mondes aufzufinden, ungeachtet man in dieser andere, weniger helle Flecke deutlich wahrnehmen kann. Er scheint also während der Nacht des Mondes durch eine Verdichtung der Atmosphäre verhüllt zu werden, auf die Art, wie manche Erdgegenden zur Nachtzeit ein dichter Nebel bedeckt. Diese Mondnebel werden auch noch dadurch sehr wahrscheinlich gemacht, daß manche Berge und Krater ihre eigentliche Form erst einige Zeit nach dem Aufgang der Sonne annehmen. Sie sind also früher durch Morgennebel verhüllt.

Bessel*), welcher diesen Gegenstand nochmals aufs gründlichste untersucht

*) Popul. Vorlesungen üb. wissenschaftliche Gegenstände. Nach dessen Tode herausg. von H. C. Schumacher. Hamb. 1848. Dritte Vorlesung.

hat, sagt, daß man, um dem Monde eine Atmosphäre zuzuschreiben, dieselbe entweder als unfähig, die Strahlen zu brechen, annehmen oder behaupten müsse, daß der Rand des Mondes mit Bergen besetzt und deren Höhe so beträchtlich sei, daß die Sterne, indem sie an dem Rande des Mondes verschwinden und wieder erscheinen, durch eine schon so verdünnte Schicht der Atmosphäre gesehen werden, daß sie daselbst keine merkliche Refraction mehr erleiden. Die erstere Annahme nun verstößt jedoch zu sehr gegen die Analogie aller uns bekannten Flüssigkeiten, als daß man sie für richtig zu halten geneigt sein könnte, die letztere Annahme ist von den Vertheidigern der Mondatmosphäre wirklich gemacht worden, ohne aber zugleich auch an das Mariotte'sche Gesetz zu denken. Bessel zeigte nämlich, daß, wenn die Atmosphäre des Mondes der der Erde qualitativ gleich sei, die Dichtigkeit jener nur $^1/_{968}$ der Dichtigkeit unserer Luft betragen könne. Aber auch die Annahme anderer Gasarten, die in Bezug auf Strahlenbrechung untersucht sind, sowie anderer Temperaturen, gaben dem obigen ähnliche Resultate; so z. B. Sauerstoffgas $^1/_{862}$. Hieraus schon erhellet, daß das Dasein einer, wenn auch unerheblich dichten Atmosphäre, an der wahren Oberfläche des Mondkörpers nicht so leicht zugegeben werden könne, als die Vertheidiger der Aehnlichkeit des Mondes mit der Erde geglaubt haben. Bessel aber weiß keinen andern Ausweg, dem Monde seine Atmosphäre zu retten, als von dieser anzunehmen, sie sei eine nicht strahlenbrechende. Die Ansicht Mädler's*) über die Atmosphäre des Mondes ist, daß der Mangel einer solchen nicht anzunehmen sei, daß dieselbe sich aber nach Qualität und Quantität zu gering zeige, um in gewöhnlichen Fällen durch Refraction oder Schwächung des Lichtes der Objecte auffallend bemerklich zu werden. Vergl. Jahn's Geschichte der Astron. vom Anfang des 19. Jahrh. u. s. w. (Leipz. 1844), I. S. 171—175. J.

IV. Atmosphäre der Planeten und Kometen.

Das Vorhandensein der Atmosphäre bei den Planeten leidet im Allgemeinen keinen Zweifel. Nicht nur führt auf dieselben die Analogie mit der Erde, sondern es sind auch durch Beobachtungen bei mehren Planeten Atmosphären nachgewiesen. Nur erst in neuester Zeit, nämlich im Mai 1849 während der untern Conjunction der Venus mit der Sonne, hat Mädler**) aus selbst angestellten Beobachtungen der Venusgestalt hinsichtlich einer hierbei bemerkten merkwürdigen Erscheinung mit ziemlicher Zuverlässigkeit die Existenz einer strahlenbrechenden Venus-Atmosphäre nachgewiesen und zugleich durch Rechnung gefunden, daß die Horizontalrefraction auf der Venusoberfläche 0° 43′ 42″ betrage und demnach etwa um ein Sechstheil stärker als die in der Erdatmosphäre sei. (S. d. Art. Planeten.) Noch gewisser sind die Atmosphären der Kometen, da schon der Augenschein zeigt, daß diese Weltkörper von einer verhältnißmäßig außerordentlich großen Dunsthülle umgeben sind. (S. d. Art. Kometen.) Die Monde der Planeten zeigen zum Theil einen so unregelmäßigen Lichtwechsel, daß man das Dasein von Atmosphären um dieselben anzunehmen geneigt ist. J.

Atmosphärologie, s. Atmosphäre (S. 560) und Meteorologie.

Atome (v. d. griech. ἄτομος, unzerschneidbar) nennt man die kleinsten Theile

---

*) W. Beer und J. G. Mädler: Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen ꝛc. Berlin 1837.

**) Astron. Nachr. von Schumacher, Nr. 679. S. 107 u. 108.

der Materie, aus welchen man sich diese zusammengesetzt denkt und die man als nicht weiter theilbar betrachtet. Die Meinung, daß alle Materie aus solchen kleinen Theilchen zusammengesetzt sei, ist sehr alt. Schon Moschus, der vor dem trojanischen Kriege gelebt haben soll, soll dieselbe gehabt haben; durch Leukipp (510 v. Chr.) und Demokrit (494 v. Chr.) wurde sie jedoch hauptsächlich zuerst ausgebildet. Der letztere bestritt den Lehrsatz der eleatischen Schule, daß die Materie bis ins Unendliche theilbar sei, indem er die Behauptung aufstellte: wenn die Theilbarkeit bis ins Unendliche gehe, so müsse man zuletzt zu Theilchen gelangen, die gar keine Ausdehnung mehr hätten und aus solchen Theilchen würde niemals ein Körper von bestimmter Ausdehnung und Gestalt entstehen können. Er nahm deshalb die Existenz kleinster Theile an, die zwar nicht weiter getheilt werden könnten, die aber noch Ausdehnung und Form besäßen, und lehrte, daß aus solchen verschiedenartigen Theilchen die ganze Welt (die Seele aus Atomen feinerer Art) zusammengesetzt sei. Diese Atomenlehre (Atomistik oder Corpuscularphilosophie) wurde von Epikur und Lukrez mit einigen Veränderungen weiter fortgeführt und fand durch das ganze Mittelalter hindurch, bis zu Descartes, Gassendi, Newton, Le Sage u. A. eifrige Anhänger und wurde von Gassendi sogar auf die Erklärung der verschiedenen Töne, von Wärme, Licht, Kälte 2c. angewandt, die er ebenfalls aus Atomen, denen er eine bestimmte Form beilegte, zusammengesetzt betrachtete. Man hielt in älterer Zeit die Atome für gleichartige Stoffe und erklärte sich die Verschiedenheit der Naturkörper einzig und allein aus der verschiedenen Gestalt und der verschiedenen Aneinanderfügung der ersteren; in neuerer Zeit hat man jedoch die verschiedene chemische Beschaffenheit der Körper auch auf deren Atome übertragen und denkt sich nur gewisse physikalische Eigenschaften, wie Farbe, Dichtigkeit, Elasticität, Krystallform, die verschiedenen Aggregatzustände als eine Folge der verschiedenen Form und Aneinanderfügung der Atome. Seitdem man das Gesetz der multiplen Proportionen entdeckt und das Wort Atom mit Aequivalent (Mischungsgewicht) als gleichbedeutend betrachtet, und seitdem man von einfachen und zusammengesetzten Atomen spricht, ist die ursprüngliche Bedeutung des Wortes Atom fast gänzlich untergegangen und die alte Atomlehre ist in eine neuere Atomistik umgewandelt worden, die man zum Unterschiede von jener die Atomtheorie nennen kann, deren Urheber Dalton ist, indem er zuerst das von Wenzel, Bergmann und namentlich von Richter entdeckte Gesetz der Aequivalente, sowie das von Proust nachgewiesene und von ihm allgemeiner festgestellte Gesetz der multiplen Proportionen unter Voraussetzung der Existenz von Atomen zu erklären versuchte*). Diese Atomentheorie fand eine weitere Ausbildung und eine allgemeinere Anerkennung, nachdem Gay-Lussac im J. 1809 das Gesetz der Vereinigung der Körper nach gleichen oder multiplen Volumen entdeckt und Berzelius in der größten Ausdehnung die chemische Constitution der Körper erforscht und nachgewiesen hatte, wie man mittelst guter Analysen von einigen Salzen mit Genauigkeit die Zusammensetzung fast aller anderen berechnen könne, wozu Mitscherlich später noch die wichtige Entdeckung hinzufügte, daß dieselbe Anzahl von Atomen, auf gleiche Weise mit einander verbunden, dieselbe Krystallform hervorbringe, wie verschieden auch

*) A new system of chemical philosophy. Manchester 1808, sowie schon früher in den Memoires of the literary and philos. society of Manchester 1803.

die Elemente sein mögen (s. d. Art. Kystall, isomorphe). Wir glauben, daß es zur klareren Uebersicht der gesammten theoretischen Ansichten über die Constitution der Körper zweckmäßig sein werde, wenn wir die nähere Ausführung der so eben angedeuteten Gesetze, auf welche die gesammte Stöchiometrie beruht, im Zusammenhange mit der Lehre von der chemischen Verwandtschaft und der von Berzelius in die Wissenschaft eingeführten elektrochemischen Theorie mittheilen, und verweisen deshalb hier auf die in dem Artikel Verwandtschaft gegebene ausführliche Darstellung.

Die atomistische Theorie kann mit der Zeit Veränderungen erleiden, sie kann sogar vielleicht durch eine andere verdrängt werden; aber für den gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft scheint diese Theorie die Erscheinungen am genügendsten zu erklären und unläugbar ist es, daß man mit ihrer Hülfe viele und wichtige Entdeckungen gemacht hat, zu denen man ohne dieselbe entweder gar nicht oder nur auf großen Umwegen gelangt wäre. Es giebt manche Naturforscher, denen die Annahme von Atomen vernunftwidrig, ja selbst lächerlich erscheint; man muß aber immer bedenken, daß, wenn auch die Annahme einer begrenzten Theilbarkeit zu mancherlei Widersprüchen führt, man doch auf keine andere genügende Weise die Erscheinungen und Eigenschaften der Körper zu erklären im Stande ist, und daß man das Wort Atom, wenn man will, ganz vermeiden kann, da es offenbar gleichgültig ist, ob man sich des Ausdruckes Atom oder des Wortes Aequivalent, Mischungsgewicht, Massentheilchen ꝛc. bedient, wenn man nur festhält, daß die Körper aus bestimmten Theilchen bestehen, die man als gegeben voraussetzen muß. Ueber die Form dieser kleinsten Theile, über die Art und Weise, wie diese sich an einander legen, wenn vermöge der chemischen Verwandtschaft verschiedenartige Materien sich gegenseitig anziehen, können wir nur Hypothesen aufstellen, da kein Instrument uns in den Stand setzt, die Theilbarkeit der Körper bis zu dieser äußersten Grenze zu verfolgen. Daß diese Theilchen in der That eine außerordentlich geringe Ausdehnung besitzen müßten, geht schon aus der großen Theilbarkeit einzelner Körper hervor, die wir vermöge unserer Sinne noch verfolgen können. Aus den Farben, welche eine Seifenwasserblase zeigt, läßt sich z. B. bestimmen, daß die Wand derselben, wo sie am dünnsten ist, eine Dicke von ungefähr $^1/_{2000000}$ Zoll besitzt; ein Atom Wasser, d. h. ein Theilchen desselben, welches bei der nächsten Theilung unmittelbar in die einfachen Atome des Sauerstoffs und Wasserstoffs zerfallen würde, muß also eine noch geringere Ausdehnung besitzen. Ein Gran Moschus ferner giebt 320 Quadrillionen Theile, deren jeder noch durch den Geruch bemerkt wird. Viele krystallinische Körper, wie Kalkspath, Gyps, Glimmer ꝛc. kann man in außerordentlich feine Theilchen, die immer noch eine krystallinische Struktur zeigen, zerspalten, ohne daß es jemals gelungen wäre, z. B. den Kalkspath in seine Bestandtheile, Kohlensäure und Kalkerde, auf mechanischem Wege durch Theilung zu zerlegen. — Ueber die Art, wie man die Materie an einzelnen Stellen sich angehäuft denken kann, theilen wir im Folgenden eine von Mitscherlich*) ausgesprochene Ansicht mit; sie ist nämlich nur eine Uebertragung der Erscheinungen, welche wir bei der Vertheilung der Materie im Weltall beobachten, auf das Verhalten der Materie im Kleinen. „In dem Raume, welcher zu unserem Sonnensystem gehört, hat sich die Materie an einzelnen Stellen angesammelt; die Sonne nämlich, die

*) Lehrb. Theil I.

Planeten und ihre Monde sind diese Punkte; damit können wir ein Stückchen Kalkspath vergleichen, wenn wir es soweit zertheilt hätten, bis wir nicht mehr kohlensauren Kalk von kohlensaurem Kalk, sondern Kohlensäure von der Kalkerde und Sauerstoff von der Kohle und dem Calcium trennen würden. Die einzelnen Massen des Sauerstoffs, der Kohle und des Calciums haben wir uns dann auf ähnliche Weise zu denken, wie die Punkte, an welchen die Materie sich in unserem Planetensysteme angesammelt hat und die einzelnen Massen von kohlensaurer Kalkerde, welche einen größeren Krystall bilden, kann man mit den Gruppen von verschiedenen Sonnensystemen vergleichen. Obgleich dieselben Kräfte, welche die Erscheinungen, die wir bei den Weltkörpern beobachten, auch bei den Erscheinungen, welche die Materie auf unserem Planeten zeigt, thätig sind, so bemerken wir aber außerdem noch eine große Anzahl von Erscheinungen, welche wir entweder besonderen Kräften zuschreiben, die erst anfangen, thätig zu werden, wenn die einzelnen Theile einander sehr genähert sind, oder besonderen Modificationen, welche die allgemeine Anziehungskraft der Materie alsdann erleidet; dahin gehören die chemische Verwandtschaft und die Anziehungen auf kleine Entfernungen, wodurch der feste und flüssige Zustand der Körper herorgebracht wird."

Ueber die Größe, Form, das Gewicht und das gegenseitige Verhalten der Atome kann man keine directen Beobachtungen anstellen, sondern man muß in dieser Hinsicht sich mit mehr oder weniger wahrscheinlichen Hypothesen begnügen. Zu verschiedenen Zeiten hat man den Atomen entweder eine allgemeine Form, die von Einigen für rund, von Andern für eckig gehalten wurde, oder je nach der chemischen und physikalischen Beschaffenheit der Körper ihren Atomen eine sehr verschiedene Gestalt beigelegt. Wenn wir alle Wahrscheinlichkeiten wohl betrachten, bemerkt **Berzelius**, so haben wir allen Grund, uns die *elementaren* Körper unter einer sphärischen Gestalt vorzustellen, weil diese diejenige ist, welche die Materie annimmt, wenn sie nicht mehr dem Einflusse fremder Körper ausgesetzt ist. Die Größe der *zusammengesetzten* Atome muß sehr verschieden sein, wegen der Anzahl elementarer Atome, woraus sie bestehen, ebenso wie ihre Form, als Verbindungen solcher elementarer Kugeln, eine sehr verschiedene sein muß. Das zusammengesetzte Atom muß wiederum für sich als ebenso mechanisch untheilbar betrachtet werden, wie das elemantare Atom.

Als synonym mit Atom haben einige Chemiker und Physiker der neueren Zeit das Wort *Molekül* (Molecule, von Moles, Masse, also *Massentheilchen*) angewendet, indem sie dadurch das anstößige Wort Atom vermeiden und dem Molekül keine Untheilbarkeit beilegen. Andere betrachten auch das Molekül als eine Zusammenhäufung von Atomen und gelangen durch Vereinigung einer Menge von Molekülen zu dem Begriffe eines *Partikels*, des sichtbaren Theilchens eines bestimmten Körpers. E. W.

Atomenlehre, s. *Atom*.

Atomgewicht, s. *Verwandtschaft*.

Atomistik, s. *Atom*.

Atomvolum, s. *Volum*.

Attraction, s. *Anziehung*.

Aufgang und Untergang der Gestirne nennt man das Erscheinen derselben über dem Horizonte (auf dessen Ostseite) eines gewissen Beobachtungsortes und das Verschwinden derselben unter dem Horizonte (auf dessen Westseite). Diese

Erscheinungen kommen von der scheinbaren täglichen Umdrehung der Himmelskugel oder von der wahren Rotation der Erde her. Für die im Erdäquator liegenden Orte gehen sämmtliche Gestirne des Himmels auf und unter, für den Nord- und Südpol der Erde, denen der gleichnamige Himmelspol im Zenith steht, giebt es gar keinen Auf- und Untergang der Sterne, weil diese sich dem Horizonte parallel bewegen. Läßt man ferner die Wirkung der Strahlenbrechung unbeachtet, so geht ein Stern auf, wenn dessen Zenithdistanz, größer als 90° gewesen, nunmehr 90° wird, unter aber, wenn seine Zenithdistanz, kleiner als 90° gewesen, nunmehr 90° wird. Man kann also die Zeiten, wenn dies geschieht, mittelst derselben Formel finden, durch die der Stundenwinkel und Scheitelabstand bestimmt werden. Die Strahlenbrechung dagegen beschleunigt den Aufgang und verzögert den Untergang etwas. Kennt man die Zeit t der Culmination und die Zeitdauer d der Sichtbarkeit, d. h. den Tagebogen eines Sternes, so ist die Zeit seines Auf- und Unterganges resp. $t - \frac{1}{2}d$ und $t + \frac{1}{2}d$. Mit Hülfe eines Himmelsglobus kann man auf eine mechanische, aber nicht genaue Weise die Zeit des Auf- und Unterganges eines Gestirns finden.

Besonders zu erwähnen sind noch die sogenannten poetischen Auf- und Untergänge der Gestirne, so genannt, weil ihrer häufig die griechischen und römischen Dichter gedenken. Die Alten beobachteten nämlich die Zeiten, wann derselbe Stern zugleich mit der Sonne auf- und unterging oder aus ihren Strahlen hervortretend wieder sichtbar wurde. Aus solchen Beobachtungen ging die erste richtigere Bestimmung der Länge des Sonnenjahres hervor. Zugleich mit dem Zeitpunkte des Hervortretens des Sirius aus den Sonnenstrahlen begann die Ueberschwemmung des Nils in Aegypten; hierdurch bestimmten die Aegyptier ihr das pharaonische Jahr genanntes Sonnenjahr zu $365\frac{1}{4}$ Tagen und fingen es mit dem Aufgange des Sirius an.

Unter den poetischen Auf- und Untergängen sind drei verschiedene Erscheinungen begriffen: 1) Der kosmische Auf- und Untergang, mit Sonnenauf- und Untergang zusammenfallend. Ein Stern geht nämlich kosmisch auf, wenn er mit der Sonne zugleich aufgeht, und geht kosmisch unter, wenn er mit Sonnenaufgang untergeht. Für Sterne in der Ekliptik liegt deren kosmischer Aufgang sechs Monate von ihrem kosmischen Untergange. Der kosmische Aufgang dieser Sterne tritt bei ihrer Conjunction mit der Sonne ein, ihr kosmischer Untergang bei ihrer Opposition. 2) Der heliakische Auf- und Untergang; jener ist das Hervortreten aus den Sonnenstrahlen, wenn ein Stern so weit noch vor der Sonne aufgeht, daß er in der ersten schwachen Morgendämmerung erblickt werden kann, dieser aber das Verschwinden in den Strahlen der Sonne, sobald der Stern des Abends am westlichen Himmel gleich nach oder noch in der Dämmerung erscheinend untergeht. Bei der Bestimmung des heliakischen Auf- und Unterganges kommt es darauf an, von welcher Größe ein Stern ist. Denn Sterne erster Größe werden etwas sichtbar, sobald die Sonne 10 Grade unter dem Horizonte ist. Man wird also bei einem Sterne der ersten Größe den Punkt der Ekliptik suchen müssen, der bei seinem Aufgange 10 Grad unter dem Morgenhorizonte liegt, sowie noch den Punkt der Ekliptik, der beim Untergange des Sternes 10 Grad unter dem Abendhorizonte sich befindet. Die Tage nun, an welchen die Sonne in jenen Punkten eintritt, sind die Tage des heliakischen Auf- und Unterganges des Sternes, welche Zeiten für verschiedene Orte der Erdoberfläche verschieden sein müssen, da mit einer

Veränderung der Polhöhe auch andere Punkte der Ekliptik 10 Grad unter den Horizont zu stehen kommen. Uebrigens ist leicht einzusehen, daß wegen des Vorrückens der Nachtgleichenpunkte sich für einen bestimmten Beobachtungsort auch die Zeitpunkte der heliakischen Auf- und Untergänge der Sterne ändern müssen. Um daher die alten Schriftsteller in dieser Beziehung richtig verstehen zu können, muß man die Lage der Aequinoctialpunkte für die damaligen Zeiten genau wissen. 3) Der akronyktische Auf- und Untergang, welcher geschieht, wenn ein Gestirn bei Sonnenuntergang auf- und untergeht. Bei den in der Ekliptik stehenden Sternen ist die Zeit ihres akronyktischen Unterganges die nämliche wie die ihres kosmischen Aufganges. Bei nördlich von der Ekliptik stehenden Sternen tritt der kosmische Aufgang früher ein als bei den unter gleicher Länge (in der Ekliptik) nahe stehenden, der akronyktische Untergang dagegen später. Uebrigens ist der akronyktische Aufgang von dem kosmischen Aufgange um ein halbes Jahr entfernt.

Auflösung, Auflösen nennt man eine Operation, durch welche ein starrer oder auch ein flüssiger Körper entweder unmittelbar mit Hülfe eines andern flüssigen Körpers, d. h. auf nassem Wege, oder mittelbar auf trockenem Wege durch Zusammenschmelzen mit einem zersetzenden Körper und spätere Anwendung eines flüssigen Mittels in den flüssigen Zustand übergeführt wird und mit dem Auflösungsmittel ein flüssiges homogenes Ganzes bildet. Das Auflösungsmittel ist häufig das Wasser; in anderen Fällen auch Alkohol, Aether, wässerige Säuren, ätherische Oele ꝛc. Die Methoden auf trockenem wie auf nassem Wege, welche man zum Auflösen eines Körpers anzuwenden pflegt, wenn man diesen zum Zwecke einer analytischen Untersuchung in den flüssigen Zustand überführen muß, haben wir bereits ausführlich in dem Art. Analyse beschrieben. — Bleibt bei der Einwirkung eines flüssigen Körpers auf einen starren ein selbst in dem überschüssig angewendeten Auflösungsmittel unlöslicher Rückstand, so nennt man auch wohl eine solche Operation Ausziehen, Extrahiren (Extrahere) und die Flüssigkeit den Auszug, Extract. Diese Operation findet namentlich in der organischen Chemie häufige Anwendung, wo man bei Untersuchung irgend einer dem Pflanzen- oder Thierreiche angehörenden Substanz, diese zunächst und nach einander mit Wasser, Alkohol, Aether ꝛc. zu behandeln pflegt, um die einzelnen organischen Verbindungen, die mit einander gemengt vorkommen, auf diese Weise von einander getrennt zu erhalten.

In der Regel wird von einem Auflösungsmittel bei Anwendung der Wärme der aufzulösende Körper leichter angegriffen und in größerer Menge aufgenommen, als bei gewöhnlicher Temperatur. In Bezug auf die letztere Behauptung finden jedoch nicht ganz selten Ausnahmen statt; so lösen sich Kochsalz (Chlornatrium) und Gips (schwefelsaurer Kalk) bei allen Temperaturen in gleich großer Menge in Wasser auf, während das Glaubersalz (schwefelsaures Natron) bei 33° am löslichsten ist, über und unter dieser Temperatur aber in geringerer Quantität vom Wasser aufgenommen wird. Einige Verbindungen, wie kaustische Kalkerde, Talkerde, salpetersaures Natron und einige andere lösen sich in heißem Wasser sogar weniger leicht als in kaltem. Die Auflösung von Gasen in Flüssigkeiten, namentlich in Wasser, und wo nicht eine unmittelbare chemische Verwandtschaft die Absorption der luftförmigen Substanzen bewirkt, ist in dem Art. Absorption besprochen worden. — Die Auflösung eines Körpers wird dadurch befördert, daß

man die Oberfläche desselben durch Zerstoßen und Pulvern vergrößert, so daß er mit dem Auflösungsmittel in schnellere und innigere Berührung treten kann, welches häufig durch Schütteln und Umrühren in noch höherem Grade bewirkt wird. Eine Auflösung heißt gesättigt, wenn so viel von dem aufzulösenden Körper durch das Auflösungsmittel aufgenommen worden ist, als das letztere aufzunehmen vermag. Man bereitet eine gesättigte Auflösung entweder dadurch, daß man den aufzulösenden Körper längere Zeit mit dem Auflösungsmittel in Berührung läßt und den erstern mit dem letztern häufig schüttelt und umrührt, oder indem man bei der Auflösung eines Körpers Wärme anwendet und die erhaltene Flüssigkeit wieder erkalten läßt, wobei häufig ein Theil des aufgelösten Körpers sich wieder ausscheidet, oder endlich indem man die nicht gesättigte Auflösung eindampft, bis ein Krystallhäutchen sich auf der Oberfläche zeigt und die Flüssigkeit sodann erkalten läßt. Vergl. den Art. Lösung. E. W.

Aufsteigung, gerade, oder Absteigung, auch Rectascension (v. d. lat. recta ascensio, gerade Aufsteigung), bisweilen auch Ascension genannt, heißt der Theil des Aequators, der zwischen dem Frühlings-Nachtgleichenpunkte und dem Abweichungskreise (s. d. Art. Abweichung, astronomische) eines Sternes sich befindet. Die Rectascension wird von Westen nach Osten in einem fort, und zwar von dem Frühlingsäquinoctium an, von 0^0 bis 360^0 gezählt. Rectascension und Declination bestimmen demnach den Ort eines Gestirns an der Himmelskugel ebenso wie die Breite und Länge (s. Breite und Länge eines Gestirns). Weil während der einmaligen scheinbaren Umdrehung des gestirnten Himmels die 360 Grade des Aequators nach und nach durch den Meridian des Beobachtungsortes gehen, so kann, da der ganze Aequator binnen 24 Stunden durch den Meridian geht, die Rectascension auch durch Zeit ($15^0 = 1$ Stunde) ausgedrückt werden. Eine nach Sternzeit gehende Uhr zeigt mithin die Rectascensionen der Gestirne im Augenblicke ihrer Culminationen unmittelbar. Das Nähere hierüber sehe man in dem Art. Zeit. — Wegen der Construction der astronomischen Instrumente und wegen des bequemen, sicheren Beobachtens bestimmen die jetzigen Astronomen die Lage der Fixsterne stets mittelst Rectascension und Declination, und nur der Ort eines Planeten wird noch aus den Tafeln nach Länge und Breite berechnet. Es ist daher sehr häufig erforderlich, die Rectascension a und Declination d eines Gestirns aus dessen Länge l und Breite b herzuleiten, was mittelst der Formeln $\tang n = \cot b . \sin l$, $\tang a = \frac{\tang l \sin (n - w)}{\sin n}$

$\sin d = \frac{\sin b \cos (n - w)}{\cos n}$, wo n eine Hülfsgröße und w die Schiefe der Ekliptik bezeichnet, ganz bequem geschehen kann. Für die Sonne, deren Breite $b = 0$ ist, gehen die vorigen Ausdrücke in folgende über: $\tang a = \cos w \tang l$, $\tang d = \tang w \sin a$ oder $\sin d = \sin w \sin l$. Uebrigens unterscheidet man auch hier, wie bei Länge und Breite, zwischen mittlerer, wahrer und scheinbarer Abweichung und gerader Aufsteigung.

Unter der schiefen Absteigung (lat. descensio obliqua) eines Sternes versteht man den Bogen des Aequators, welcher zwischen dem Frühlings-Nachtgleichenpunkte und demjenigen Punkte des Aequators liegt, der mit dem betreffenden Ge-

stirne zugleich untergeht. Der Unterschied zwischen der geraden und der schiefen Absteigung eines Sternes giebt dessen Descensional-Differenz. Z.

Auge, s. Gewicht und Sinne.

Augentäuschungen, s. Gesicht.

Augit (Pyroxène), ein in plutonischen und vulcanischen Gesteinen häufig vorkommendes, dem zwei- und eingliederigen Krystallsysteme angehörendes Mineral, mit ziemlich deutlichem blätterigem Bruche parallel einer geschobenen vierseitigen Säule, auf deren scharfer Seitenkante die schiefe Endfläche aufgesetzt ist. Die Härte ist größer als die der Hornblende und das Mineral weniger zur Verwitterung geneigt. Das specifische Gewicht ist = 3,23 bis 3,5. Der Glanz ist Glasglanz, der sich zu Fettglanz neigt; Perlmutterglanz ist nur bei deutlich blätterigem Bruch vorhanden; die Durchsichtigkeit ist im Allgemeinen gering und die Farbe läuft aus dem Schwarzen zunächst in das dunkle Oliven-Schwärzlichgrüne und dunkle Graulichgrüne, und geht aus den ans Braune grenzenden grünen Farben ins Grünliche oder Grünlichweiße bis zum Farblosen über. Die allgemeine chemische Formel des Augits ist $= \dot{R}^3 \dddot{Si}^2$, wo R Kalkerde, Talkerde, Eisen- und Manganoxydul bedeuten kann. Einige Abänderungen des Augits, namentlich Hypersthen, Bronzit, Diallage und der gemeine Augit enthalten eine mehr oder weniger bedeutende, bis zu 6 oder 7 Procent sich erhebende Quantität Thonerde, die gewöhnlich als zufällig betrachtet wird, indem man annimmt, daß diese Augitvarietäten, welche immer eingewachsen in Lava, Basalt und plutonischen Gesteinen vorkommen, beim Krystallisiren aus der geschmolzenen Masse einen Theil dieser gewöhnlich thonerdehaltigen Masse mechanisch in sich eingeschlossen haben. Man erhält weder eine der Normalmischung entsprechende Formel, wenn man die Thonerde zu den Basen rechnet, noch wenn man sie sich als eine Säure mit den starken Basen in Verbindung denkt. Nach dem Handwörterb. der Chemie von Liebig und Poggendorff, Bd. I. S. 603 lassen sich die erhaltenen Resultate noch am besten deuten, wenn man in diesen Augiten die Thonerde mit dem Ueberschuß der Basen zu einem Trialuminat verbunden annimmt, jedoch legt Kobernatsch*), von dem diese Ansicht herrührt, derselben keinen größeren Werth bei als derjenigen, nach welcher die Thonerde als ein rein zufälliger und unwesentlicher Bestandtheil zu betrachten ist, ebenso wie dasselbe hinsichtlich des manchmal bis zu 2 Proc. und darüber gefundenen Glühverlustes oder Wassers der Fall ist**).

Die Grundform des Krystallsystems des Augits (worüber das Ausführlichere in dem Art. Krystall mitgetheilt ist) ist eine geschobene vierseitige Säule, deren scharfer Winkel nach Hauy's genauen Angaben 87° 42′, der stumpfe also 92° 18′ beträgt. Außer dieser Säule kommt fast immer die gerade Abstumpfung der scharfen Seitenkanten vor, wodurch also die Säule eine breite symmetrisch sechsseitige wird; minder häufig finden sich auch die stumpfen Seitenkanten abgestumpft. Die schiefe Endfläche ist, wie bereits angeführt, auf der scharfen Seitenkante der Säule, und also auf deren Abstumpfungsfläche gerade aufgesetzt; das Gegenstück der geraden Endfläche aus der anderen Seite des Krystalls findet sich ebenfalls nicht selten vor. So einfach der Augit in der Säule und in der verticalen Zone ausgebildet ist, so eigenthümlich und mannigfaltig erscheinen die gepaart vorkommen-

*) Pogg. Ann. Bd. XXXVII. S. 584.

**) H. Rose in Schweigg. Journ. Bd. XXXV. S. 86.

den sogenannten augitartigen Flächen, die das zwei- und eingliederige System so besonders charakterisiren. Das erste Paar fällt in die scharfe hintere Hälfte der Zuschärfung oder Kantenzone, das zweite in die stumpfe vordere Hälfte, das dritte in die scharfe hintere, das vierte in die stumpfe vordere und das fünfte wieder in die scharfe hintere Hälfte der Kantenzone. Diese fünf Flächenpaare sind die bekannten aus der Kantenzone der Säule; außerdem kommen aber noch drei Paare aus der Diagonalzone der schief angesetzten Endfläche vor. Noch ein besonderes Paar endlich fällt in die Kantenzone vom ersten und zweiten Paare und stumpft die Kante zwischen den letzteren ab und fällt zugleich auch in die Diagonalzone einer Fläche mit sechsfachem Cosinus aus der verticalen Zone. — Zwillinge finden sich häufig nach dem Gesetz, daß beide Individuen die Säule gemein haben, die schieflaufenden Endflächen aber, die gewöhnlich aus dem ersten Paare bestehen, umgekehrt liegend; an dem einen Ende entsteht dann eine vierflächige Zuspitzung mit zweierlei Kanten und am andern Ende einspringende Winkel. Von Varietäten des Augits führen wir die folgenden an:

1) Gemeiner Augit findet sich gewöhnlich krystallisirt in kurzen sechs- und achtseitigen Säulen mit dem ersten und dritten Paare geendet. Er kommt im Basalte, in der Wacke, im Mandelstein ꝛc. porphyrartig eingewachsen vor. Er ist sammetschwarz, rabenschwarz, schwärzlich und zuweilen dunkellauchgrün und undurchsichtig. Man findet manchmal den Augit mit Beibehaltung seiner Krystallform vollkommen zu einem gelben Thon verwittert, z. B. zu Bilin in Böhmen, oder in eine weiße thonige Masse (am Vesuv) oder in Grünerde umgewandelt, wie im Fassathale*). Der basaltische Augit hat muscheligen Bruch und den vollkommensten Glasglanz; er ist am stärksten glänzend und am meisten durchscheinend; er ist rabenschwarz, schwärzlich-grün, sehr dunkel olivengrün und geht zuweilen ins Leberbraune über, während der gemeine Augit unebenen Bruch und Fettglanz hat und nur wenig glänzend und schwach durchscheinend ist. Der sogenannte nordische oder körnige Augit kommt theils derb, theils krystallisirt, aber nicht ein-, sondern aufgewachsen vor und Drusen bildend, besonders zu Arendal in Norwegen. Der Hedenbergit ist ein Kalk-Eisenaugit, dem gemeinen Augit sehr ähnlich; er kommt zu Tunaberg in Schweden und auf Elba mit Eisenerzen vor, ist schwärzlich-grün und hat ein specif. Gewicht = 3,5.

2) Kokkolith schließt sich dem körnigen Augit an, kommt häufig derb vor und in Krystallen, welche deutlich die Augitformen zeigen, aber abgerundete Kanten und geflossene Flächen haben. Seine Farbe ist grünlich, von dem lauch- und berggrünen bis ins oliven- und schwärzlichgrüne; er hat Glasglanz, der sich dem Fettglanze nähert.

3) Sahlit (von Sahla in Schweden) und Malakolith, grünlich-graue, berggrüne bis schwärzlich-grüne Augitvarietäten, welche durch einen vollkommen deutlichen blätterigen Bruch parallel der schief angesetzten Endfläche sich auszeichnen; oft zeigt sich auch parallel den beiden Abstumpfungsflächen der scharfen und stumpfen Seitenkanten der Säule ein mehr oder weniger deutlicher blätteriger Bruch; diese Theilbarkeit nach fünf Richtungen hat zu dem Namen Pentaklasit Veranlassung gegeben. Seine gewöhnliche Krystallform ist die achtseitige Säule, an

*) Rammelsberg, Pogg. Ann. Bd. XLIX. S. 387, und dessen Handwörterb. des chem. Theils der Mineralogie, Th. I. S. 68.

welcher die Paare der Endigungsflächen sehr untergeordnet vorkommen. Auf dem blätterigen Bruch stark glänzend, der Querbruch uneben und wenig glänzend. Hinsichtlich der Farbe stimmt er mit dem vorigen überein. Der Lherzonit, der große Gebirgslager in den Pyrenäen bildet, ist eine graue, dem Sahlit ähnliche derbe Augitmasse.

4) Fassait (vom Fassathal in Tyrol), von Breithaupt Pyrgom genannt, ist schwärzlich-, lauch-, spargel- und ölgrün gefärbt und bildet niedrige Säulen, so daß die Endigungen, in welchen das dritte und fünfte Paar vorherrschen und auch oft (namentlich bei den piemontesischen Krystallen) die Diagonalflächen auftreten, sehr nahe zusammenrücken.

5) Baikalit, von seinem Vorkommen am Baikalsee, steht dem Sahlit und Fassait sehr nahe und ist graulich-, schwärzlich-grün und sammetschwarz gefärbt. Die Krystalle bilden die achtseitige Säule mit der schiefen Endfläche und mehreren Flächenpaaren, von denen oft das zweite vor den übrigen ausgezeichnet vorkommt. Namentlich ist diese Varietät charakterisirt durch ihre große Sprödigkeit, durch die Menge von Sprüngen, welche die Masse durchsetzen, und überhaupt durch ein gewisses glasartiges Aussehen.

6) Diopsid wurde von Hauy in den Alalit, die reinste und krystallisirte Abänderung aus dem Thale Ala in Piemont, und den Mussit geschieden, welcher die unreineren, mehr derben Varietäten von der Mussa-Alpe in der Nähe des Alathales umfaßte. Herrschend ist die rechtwinklig 4seitige Säule mit einer starken Längenstreifung, die gewöhnlich auf die 3fach stumpfere, selten auf die 2fach stumpfere Säule führt. Parallel der gewöhnlichen Augitsäule blättriger Bruch, der auch zuweilen parallel der schiefen Endfläche sich zeigt. Die Endigung besteht aus einer Combination des 2. und 3. Paares, woraus zuweilen eine 1, 2 und 1kantige Zuspitzung entspringt. Die schönen Krystalle finden sich auf ganz schmalen alten Gängen mit durchsichtigen Granaten, Vesuvian und Pistazit vor.

7) Zu der Augitfamilie rechnet man in der Regel noch den Hypersthen (Paulit von der Paulsinsel in Nordamerica), den Bronzit und den Diallag, von denen der Hypersthen derb, eingesprengt und geschiebeartig vorkommt, einen blättrigen Bruch parallel den Abstumpfungsflächen einer Säule von ungefähr $87^1/_2$ Grad besitzt, auf den Spaltungsflächen tombakbraun metallisch schillert und sonst pechschwarz bis schwärzlichbraun gefärbt ist. Der Bronzit hat denselben blättrigen Bruch und außerdem noch deutlich parallel den Flächen einer Säule von etwa 88°; oft krummblättrig; specifisches Gewicht = 3,3 und nelkenbraun oder gelblichgrau gefärbt. Diallag, sehr vollkommen spaltbar parallel den Abstumpfungsflächen der scharfen Seitenkanten, unvollkommen parallel den Abstumpfungsflächen der stumpfen Seitenkanten; kommt derb und eingesprengt, selten in kleinen eingewachsenen Krystallen vor; specif. Gewicht = 3,2; olivengrün bis schwärzlichgrün und auf dem blättrigen Bruch tombakbraun metallisch glänzend. E. W.

Ausdehnung hat zwei Bedeutungen. Man sagt: ein Körper besitzt Ausdehnung, was dann so viel bedeutet als Volumen, Größe. Hierbei unterscheidet man drei Hauptrichtungen oder Dimensionen (v. d. lat. dimensio, Abmessung) der Ausdehnung: Länge, Breite, Höhe (Tiefe oder Dicke). Jeder Körper muß nothwendig diese drei Dimensionen haben; je nachdem aber zwei oder eine

dieser Richtungen der Ausdehnung mehr oder weniger gering ist, nähert sich ein Körper mehr oder weniger der Linie (Faden, Nadeln) oder der Fläche (Blätter, Tafeln).

Man sagt aber auch: ein Körper erleidet Ausdehnung, d. h. Vergrößerung seines Volumens, in welchem Sinne man der Ausdehnung Zusammenziehung entgegenstellt und die Körper ausdehnbar und zusammenziehbar nennt. Der Rauminhalt eines Körpers kann hiernach ohne Veränderung seiner Masse vergrößert und verringert werden. Dieses geschieht durch Erwärmung oder Erkältung. Uebersteigt diese Erhitzung oder Erkältung eine gewisse Grenze, so ändert sich der Aggregationszustand des erhitzten Körpers, und damit nimmt er auch eine andere Ausdehnung, als er vorher hatte, an. Von dieser Erscheinung ist unter dem Art. Aggregationszustand die Rede, hier sprechen wir nur von der Ausdehnung der Körper, so lange sie in demselben Aggregationszustande verharren.

Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme findet bei allen Körpern statt und zwar so, daß alle Körper durch die Wärme nach allen Richtungen ausgedehnt werden, so daß sie ein größeres Volumen als vorher einnehmen, wenn ihre natürliche Beschaffenheit keine Veränderung erleidet. Dabei nehmen sie bei jeder Erniedrigung der Temperatur wiederum denselben Umfang ein, den sie vorher bei gleicher Temperatur einnahmen. In einzelnen Fällen findet eine Abweichung von diesem Gesetze statt. Während nämlich die meisten Körper, je mehr sie erwärmt werden, desto mehr sich ausdehnen, und umgekehrt, je mehr sie erkältet werden, desto mehr sich zusammenziehen, findet bei einigen scheinbar Zusammenziehung durch die Wärme, bei einigen scheinbar Ausdehnung durch die Kälte statt. Einige dieser Erscheinungen lassen sich leicht erklären; z. B. daß Thon und Leder durch die Wärme zusammengezogen werden, hat seinen Grund in der durch die Wärme ausgetriebenen Feuchtigkeit. Andere Körper gehen nicht zu dem früheren Zustande der Ausdehnung zurück, wenn die frühere Temperatur hergestellt wird. Auf diese Ausnahmen werden wir weiter unten am gehörigen Orte zu sprechen kommen.

Erscheinungen, von denen die Ausdehnung zu unterscheiden ist, sind die Elasticität, d. h. diejenige Eigenschaft der Körper, nach welcher durch äußeren Druck der Zustand der Ausdehnung derselben verändert werden kann, welcher sich nach Aufhebung des Druckes mit einer größern oder geringern Kraftäußerung von Seiten der Körper wieder herstellt; ferner die Dehnbarkeit, d. h. diejenige Eigenschaft, vermöge welcher Körper durch Druck, Schlag ohne eigentliche Vermehrung ihres Rauminhaltes eine Veränderung ihrer Form, des Verhältnisses ihrer Dimensionen erleiden können; endlich die Expansibilität, d. h. das ausdehnsam flüssigen Körpern eigenthümliche Bestreben sich auszubreiten. Siehe die angeführten Artikel. Ebensowenig kann man als zur Ausdehnung gehörig den Fall ansehn, daß poröse Körper durch Einsaugen von Flüssigkeiten anschwellen. Auf dem oben angeführten allgemeinen Gesetze beruht eines der wichtigsten Instrumente, das Thermometer (s. d. Art.).

Die festen Körper erleiden der geringen Beweglichkeit ihrer Theile wegen die geringste Ausdehnung durch die Wärme. Daß aber dennoch Ausdehnung bei ihnen stattfindet, sieht man schon daraus, daß durch die Wärme die Cohäsion der

Körper vermindert wird, indem sie leichter zerbrechlich und zerreiblich werden. Noch deutlicher kann man die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung fester Körper durch folgenden Versuch bemerken. Wenn man eine metallne Kugel, welche sich in gewöhnlicher Temperatur gerade noch durch einen Ring hindurch ziehen läßt, erhitzt, während der Ring die frühere Temperatur behält, dann wird dieselbe Kugel sich nicht mehr durch den Ring bringen lassen, wohl aber wird dies wieder geschehen können, nachdem die Kugel abgekühlt worden. Aehnliches findet statt bei Metallcylindern, welche genau in eine Oeffnung gepaßt sind, indem sie erhitzt nicht mehr in dieselbe passen. Ebenso, wenn man einen kalten Stöpsel in eine erwärmte Flasche treibt, läßt sich derselbe nach Erkaltung der Flasche nur schwer wieder herausziehn.

Die Kraft, mit welcher sich die Körper beim Erwärmen ausdehnen und beim Erkalten zusammenziehn, ist außerordentlich groß. Nicht nur dickes Glas, selbst eiserne Platten springen bei schneller Veränderung der Temperatur, wenn diese Veränderung die ganze Masse des Körpers nicht durchgängig zugleich, sondern nur theilweise trifft, wie z. B. wenn man auf sehr heiße Platten kaltes Wasser spritzt. Man kann diese Kraft oft vortheilhaft benutzen. Ringe und Beschläge sitzen, heiß aufgepaßt, nach dem Erkalten sehr fest auf. Molard *) brachte sogar ausgewichne Mauern eines Magazins wieder in ihre Lage, indem er starke eiserne Anker durchziehn, erhitzen und dann festschrauben ließ, welche beim Erkalten die Mauern wieder zusammenzogen. Auf die Ausdehnung durch Wärme muß man daher auch besonders Rücksicht nehmen bei metallenen Wasser-, Dampf- oder Gas-Leitungen, indem man sogenannte Ausgleichungsröhren anbringt, die den Röhrenstücken Ausdehnung und Zusammenziehung gestatten. Ebenso muß man metallenen Pfannen, größeren eisernen Klammern in Gemäuern ꝛc. freien Spielraum lassen, damit sie sich ausdehnend oder zusammenziehend keinen Schaden anrichten. Aehnliche Vorsichtsmaßregeln sind bei den Schienen der Eisenbahnen und langen metallenen Maschinentheilen zu beobachten.

Von der Ausdehnung durch Wärme (Zusammenziehung durch Kälte) rührt her das Krachen eiserner geheizter Oefen, metallner Dächer, des Eises an strengen Wintertagen, das Abschälen oder Zerspringen der Glasur an Gefäßen ꝛc. Ebenso ist der ungleiche Gang der Uhren im Sommer und Winter Folge der Ausdehnung.

Durch die Verkürzung des Pendels, dessen sich Richer 1672 in Cayenne bediente, und welche für den vermeintlichen Einfluß der höhern Temperatur zu groß gefunden wurde, wurde man zuerst veranlaßt, die Größe der Ausdehnung der verschiedenen Körper durch Wärme genau zu messen. Zuerst unternahm Dalencé **), dann Newton u. A. ***) Messungen der Ausdehnung durch Wärme; doch sind diese Untersuchungen ohne erforderliche und später erreichte Genauigkeit angestellt. Seit Musschenbroek ****) bedient man sich zu

*) Biot Traité. T. I. p. 181.

**) Traité des baromètres, thermom. et hygrom. Amst. 1688. 8.

***) Princ. L. III. prop. 19; Lambert Pyrom. p. 121; Mém. de l'Acad. 1745. p. 230; Condamine Voyage à l'Equat. Int. hist. p. 164.

****) Tentamina exper. nat. capt. in Acad. del Cim. T. II. 12. Introd. ad Phil. nat. T. II. p. 610 ff. Cours de Phys. expér. et math. Leiden 1769. III Voll. 4. T. II. p. 340.

diesen Messungen der **Pyrometer**, eines von ihm erfundenen und benannten Instrumentes. Vielfache Arten der Pyrometer und verschiedne Methoden, welche die Physiker zur Bestimmung der Ausdehnung fester Körper mittelst dieser Instrumente anwandten, finden sich unter d. Art. **Pyrometer** angegeben.

Auch ohne Hülfe solcher Instrumente, durch welche die Ausdehnung unmittelbar gemessen wird, läßt sich dieselbe dadurch finden, daß man den zu untersuchenden Körper in einer Flüssigkeit, die ihn nicht auflöst, bei verschiedenen Temperaturen genau abwägt, nachdem man sein absolutes, Gewicht bezogen auf den luftleeren Raum, vorher sorgfältig bestimmt hat. Kennt man nun das specifische Gewicht der Flüssigkeit, so läßt sich aus dem Gewichtsverluste des Körpers leicht sein Volumen berechnen. Es muß aber hierbei auch die Ausdehnung der Flüssigkeit (hierüber weiter unten) bereits bekannt sein, da sie mit dem festen Körper dieselbe Temperaturerhöhung erleidet und folglich specifisch leichter wird, so daß man erst aus dem den bestimmten Temperaturen entsprechenden specifischen Gewichte der Flüssigkeit das wahre Volumen des Körpers und somit seine Ausdehnung finden kann.

Fast jeder Körper erleidet nach allen seinen Dimensionen eine gleichmäßige Ausdehnung, d. h. seine Breite und Dicke vergrößern sich proportional seiner Länge. Der Zuwachs, den **eine** solche Dimension erhält, ist die **lineare Ausdehnung**, und man kann also, sobald man für eine bestimmte Temperaturzunahme die lineare Ausdehnung eines Körpers in der Länge kennt, leicht die lineare Ausdehnung für seine Breite und Dicke finden. Der Zuwachs, den das Volumen des Körpers erhält, ist die **cubische Ausdehnung**. Gewöhnlich giebt man an, um den wievielsten Theil ihrer Länge sich eine der Dimensionen eines Körpers vergrößert, während die Temperatur desselben um 1° C. zunimmt, und diese Angabe (stets ein sehr kleiner Bruch) heißt der **Coefficient der linearen Ausdehnung**. Hat also ein Körper die Länge l Zoll und ist sein Ausdehnungscoefficient der kleine Bruch α, so ist bei der angegebenen Temperaturzunahme $\alpha . l$ die lineare Ausdehnung des Körpers in die Länge. Ebenso ist der **Coefficient der cubischen Ausdehnung** die Angabe, um den wievielsten Theil das Volumen eines Körpers zunimmt. Dieser Coefficient ist, wie aus geometrischen Gründen erhellt, unmerklich mehr als das Dreifache des linearen Coefficienten. Ist also v Cubikzoll der cubische Inhalt des Körpers, so wird $3\alpha v$ seine cubische Ausdehnung für 1° C. sein. Wenn daher die Temperatur eines Körpers um t° C. zunimmt, so ist:

$$l' = (1 + \alpha t) . l$$ die vermehrte Länge,

$$v' = (1 + 3\alpha t) . v$$ das vergrößerte Volumen.

Will man die Ausdehnung der Oberfläche, so hat man den linearen Coefficienten doppelt zu nehmen, also

$$f' = (1 + 2\alpha t) . f$$ die vergrößerte Fläche.

Folgende Tabelle enthält die lineare Ausdehnung, welche feste Körper zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte des Wassers erleiden, also von 0° bis 100° C., wenn die Länge des Körpers bei 0° als Einheit genommen wird.

Name der Substanzen	Lineare Ausdehnung zwischen 0° u. 100° C.	Name der Beobachter
Antimon	0,00108330	Smeaton
Blei	0,00288200	Ellicot
	0,00286667	Smeaton
	0,00287300	Herbert
	0,00308600	Berthoud
	0,00271900	G. Morveau
	0,00284836	Lavoisier
	0,00290200	Horner
	0,00278560	Daniell
	0,00295400	Prinsep
Bronze	0,00181667	Smeaton
" 16 Th. Meff. 1 Th. Zinn	0,00190833	"
	0,00184920	Daniell
Cement (römischer)	0,00143489	Adie
Eisen	0,00114600	Ellicot
	0,00117200	Herbert
	0,00119200	Berthoud
	0,00110000	G. Morveau
Eisendraht	0,00114010	Troughton
	0,00123504	Lavoisier
Gußeisen	0,00110940	Roy
	0,00107160	Daniell
	0,00098500	Navier
	0,00114676	Adie
	0,00110217	"
Schmiedeeisen	0,00122045	Lavoisier
	0,00125833	Smeaton
	0,00115600	Borda
	0,00114560	Schwerd
	0,00115600	Tralles
	0,00111155	Augustin
	0,00111545	"
	0,00112330	"
	0,00114550	"
	0,00144600	Hällström
	0,00113475	Dulong und Petit
	0,00122400	Horner
	0,00121500	Prinsep
	0,00125343	Häßler
	0,00118080	Daniell
schwach gehämmert	0,00122045	Destigny
Glas *)	0,00124600	Hällström
	0,00098800	Dunn und Sang
	0,00088517	Muncke
	0,00088446	"
Glas im Mittel	0,00089185	"
	0,00089694	Lavoisier

*) Ueber d. Ausdehnung dieses Körpers vergleiche das nächst Folgende.

Name der Substanzen	Lineare Ausdehnung zwischen 0° u. 100° C.	Name der Beobachter
Glas, weißes	0,00083333	Smeaton
	0,00094400	Herbert
	0,00099100	Berthoud
	0,00086100	Dulong und Petit
(Kaliglas von Reymyra) . .	0,00076170	Rudberg
Glasstab	0,00080787	Roy
Glasröhre	0,00077615	„
„ von St. Gobain (Spiegelglas)	0,00089089	Lavoisier
Gemeine Glasröhre	0,00087572	„
Desgl. andere	0,00089760	„
	0,00091751	„
Desgl. von Würzburger Glas	0,00088481	Muncke
„ andere	0,00089815	„
Englisches Flintglas	0,00081166	Lavoisier
Französisches „	0,00087199	„
Dünne Glasröhre	0,00092100	Horner
Glasröhren von 0,2 Lin. Glasdicke . .	0,00091300	„
Massive Stange	0,00091900	„
	0,00092500	„
Gold	0,00140100	Ellicot
	0,00131100	Berthoud
	0,00147500	G. Morveau
	0,00123000	Daniell
fast rein	0,00143400	Prinsep
feines de départ	0,00146606	Lavoisier
Pariser Probe, nicht geglüht . . .	0,00155155	„
geglüht	0,00151361	„
Granit	0,00086850	Bartlett
rother von Peterhead	0,00089680	Adie
grauer von Aberdeen	0,00078943	„
Graphitwaare (0,75 Gr., 0,25 Thon) . .	0,00029280	Daniell
Harloth 1 Zink 2 Kupfer	0,00205833	Lavoisier
Holz	0,00030000	Parry
Tannenholz	0,00035200	Struve
	0,00049590	Kater
Kalkspath (rhomb. nach der Hauptaxe). .	0,00286000	Mitscherlich
Kalkstein, weißer	0,00025100	Bicat
grüner von Ratho	0,00080890	Adie
Klempnerloth	0,00250533	Smeaton
Kohlen, Tannenkohlen	0,00100000	Pl. Heinrich
Eichenkohle	0,00120000	„
Kupfer	0,00171000	Ellicot
	0,00171600	Daniell
„ geschlagenes	0,00170000	Smeaton
	0,00191880	Troughton
	0,00179000	G. Morveau
	0,00178400	Borda
	0,00172244	Lavoisier
	0,00171222	„
	0,00171820	Dulong und Petit
	0,00170900	Horner
„ gewalztes	0,00169100	Prinsep
	0,00169900	Edinb. Encykl.
Kupfer 8 Zinn 1 Th.	0,00181700	Smeaton

Name der Substanzen	Lineare Ausdehnung zwischen 0° u. 100° C.	Name der Beobachter
Marmor	0,00102020	Bartlett
von St. Beat	0,00041810	Destigny
von Carara	0,00084867	„
	0,00065390	Adie
	0,00107200	Dunn und Sang
von Solst.	0,00056849	Destigny
schwarzer	0,00042600	Dunn und Sang *)
„ von Galbay	0,00044519	„ „
	0,00040000 }	London and Paris Observer
weißer	0,00100000 }	
	0,00107200	Dunn und Sang
„ von Sicilien	0,00110411	„ „
Messing	0,00182300	Ellicot
	0,00176050	Sabine
	0,00193332	Smeaton
	0,00187821	Destigny
geglühtes	0,00189163	Haßler
	0,00190600	Prinsep
0,25 Zink 0,75 Kupfer	0,00214440	Daniell
Messingdraht	0,00188500	Herbert
	0,00187821	Despretz
gegossenes	0,00187500	Smeaton
	0,00193400	Berthoud
	0,00186671	Lavoisier
	0,00188971	„
Stabmessing, englisch	0,00189280	Roy
Hamburger	0,00185540	„
Tafelmessing, tyroler	0,00190300	Horner
	0,00192000	Stampfer
Messing 10 Th. Zinn 1 Th.	0,00190833	Smeaton
Palladium	0,00100000	Wollaston
Pewter	0,00203520	Daniell
Phosphor von 0° bis 39°,5	0,00142455	Erman
Platin	0,00085655	Borda
	0,00090000	Wollaston
	0,00099180	Troughton
	0,00085700	G. Morveau
	0,00098390	Dulong und Petit
	0,00088200	Daniell
Silber	0,00197800	Ellicot
	0,00207000	Herbert
	0,00190500	Berthoud
	0,00198800	G. Morveau
	0,00208260	Troughton
	0,00195120	Daniell
mit $^1/_{12}$ Kupfer	0,00190400	Prinsep
Kapellensilber	0,00190974	Lavoisier
Pariser	0,00190868	„
Spiegelmetall	0,00193333	Smeaton
Spießglanz	0,00108330	„
Stahl, gehärtet	0,00122500	„
	0,00137500	Berthoud

*) Diese machten das Experiment, einen 34 Zoll langen Marmorstreifen durch Erhitzen mit Spirituslampen um $^1/_8$ Zoll zu verlängern.

Name der Substanzen	Lineare Ausdehnung zwischen 0° u. 100° C.	Name der Beobachter
Stahl, bei 30° R. angelaufen	0,00136900	Lavoisier
desgl.	0,00138600	=
bei 65° R. angelaufen	0,00123956	=
weicher	0,00107500	Ellicot
	0,00118990	Troughton
	0,00115000	Smeaton
	0,00107875	Lavoisier
	0,00107956	=
	0,00110400	Berthoud
Stahlstange	0,00114470	Roy
	0,00116000	De Luc
Steyerscher	0,00115200	Horner
Huntsman-St.	0,00107400	=
Fischerscher aus Schafhausen	0,00111200	=
Stein (zum Bau) von St. Vernon . .	0,00043027	Destigny
von St. Leu	0,00064890	=
von Caithneß	0,00089470	Adie
von Abroath	0,00089850	=
schiefrig von Penrhyn	0,00103760	=
Sandstein	0,00171570	Bartlett
von Liver-Rock	0,00117430	Adie
Ziegel, ord.	0,00055020	=
spröder	0,00049280	=
Thon, holländ. Pfeife	0,00045730	=
Töpferzeug, braun, englisch	0,00012000	Destigny
mit Kohle porös gemacht	0,00004000	=
Wedgewood-Stange	0,00045294	Adie
Waare	0,00088200	Daniell
Weichloth, 1 Th. Zinn, 2 Blei	0,00250533	Smeaton
Wismuth	0,00139167	=
Zink	0,00297600	Daniell
gegossen	0,00294167	Smeaton
	0,00305100	G. Morveau
	0,00296800	Horner
durch Hämmern um $^1/_{12}$ verlängert .	0,00310833	Smeaton
Zinkloth, 1 Th. Zink, 2 Kupfer	0,00205833	=
Zinn	0,00176640	Daniell
gemeines	0,00248330	Smeaton
feines	0,00228330	=
	0,00232200	Herbert
	0,00255700	Berthoud
	0,00216400	G. Morveau
	0,00209300	Horner
von Falmouth	0,00217298	Lavoisier
von Malacca	0,00193765	=

Da es wegen der vielfachen Anwendung gläserner Instrumente überaus wichtig ist, die Ausdehnung des Glases genau zu kennen, und mehrere Physiker, wie de Luc, Hällström*), Dalton, eine Ungleichförmigkeit derselben bemerkt haben wollten, so

*) Dieser fand auch die Ausdehnung des Eisens ungleichförmig. Dissert. de dilatatione vitri a calorico. Aboae 1781, Gilb. Ann. Bd. XXXVI S. 60. Kongl. Swenska Vet. Acad. Nya Handl. 1805. p. 253. Gilb. Ann. Bd. XXXVI S. 52.

stellte Horner*) Versuche an, die zu beweisen scheinen, daß bei derselben Glassorte die mehr oder weniger beträchtliche Stärke des Glases keinen Einfluß auf die Ausdehnung haben könne. Indeß ist dies doch wohl der Fall, denn es hat in neuerer Zeit Regnault**) durch eine Reihe genauer Versuche gefunden, daß nicht nur verschiedene Glassorten, sondern dasselbe Glas, wenn es in größern oder kleinern Kugeln oder Röhren geblasen ist, ungleiche Ausdehnung erleidet, und daß man aus der linearen Ausdehnung eines Glasstabes keineswegs die Ausdehnung eines Glasapparats von derselben Materie berechnen könne, wie dies gewöhnlich geschieht. Dies läßt sich aus folgenden Bestimmungen der cubischen Ausdehnung des Glases ersehen.

Glassorte und Form	cubische Ausdehnung
Weißes Glas; Röhre	0,002648
Kugel 46 Millimeter Durchmesser	0,002592
„ 33 „ „	0,002514
Grünes Glas; Röhre	0,002299
Kugel 36 Millim. Durchm.	0,002132
Schwedisches Glas; Röhre	0,002363
Kugel 34 Millim. Durchm.	0,002441
„ 32 „ „	0,002411
Hartes franz. Glas; Röhre	0,002142
Kugel 32 Millim. Durchm.	0,002242
Krystallglas; Röhre	0,002101
Kugel 39 Millim. Durchm.	0,002330

Hiernach dürfte man genöthigt sein, behufs genauerer Versuche die Ausdehnung des anzuwendenden gläsernen Instruments besonders zu ermitteln.

Das Verfahren, welches man gewöhnlich anwendet, um die Ausdehnung der Thermometerröhren zu finden, stützt sich auf Kenntniß der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers, welche durch Dulong und Petit unabhängig von der Ausdehnung des Glases (s. das Folgende) als 0,018018 zwischen 0° und 100° gefunden wurde. Es ist also der Coefficient der cubischen Ausdehnung des Quecksilbers $\alpha = 0,00018018$ für 1° C. Man füllt nun das ganze Thermometer bei einer Temperatur von 0° mit Quecksilber, dessen Gewicht P sein möge, und setzt hierauf das Instrument der Siedhitze aus, indem man es etwa in den Dampf siedenden Wassers bringt, dessen Temperatur t^0 sich aus dem zugleich zu beobachtenden Barometerstande ergiebt. Hierbei wird ein Theil p des Quecksilbers ausfließen, den man, sowie den Rückstand P — p abwägt und so auch das Gewicht P findet. Sei nun V der Raum, welchen das Quecksilber P bei 0° ausfüllte, so nimmt dasselbe bei t^0 den Raum $V(1 + \alpha t)$ ein; dagegen bietet das Gefäß, wenn δ der Ausdehnungscoefficient des Glases ist, nur den Raum $V(1 + \delta t)$ dar, so daß der Raumtheil

*) Gehl. phys. Lex. Bd. I. S. 232 ff.

**) Compt. rend. T. XIV. N. 5 ff. Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. IV. p. 64. Pogg. Ann. Bd. LV. S. 584.

$V(\alpha - \delta)\,t$ abfließen muß, der sich zu $V(1 + \alpha t)$ offenbar wie die Gewichte $p : P$ verhalten muß, so daß man hat:

$$V(\alpha - \delta)\,t : V\,(1 + \alpha t) = p : P, \text{ woraus } \delta = \frac{(P - p)\,\alpha t - p}{P t},$$

und hiernach läßt sich die Glasausdehnung δ berechnen.

Das Eis reiht sich ebenfalls in Hinsicht der Ausdehnung in die Ordnung der festen Körper, indem es sich bei zunehmender Kälte zusammenzieht. Die genauesten und wegen ihrer Uebereinstimmung zuverlässigsten Versuche sind jedenfalls die von C. Brunner *) und Marchand **). Der Erstere fand als lineare Zusammenziehung für 1° C. im Mittel 0,0000375, der Letztere 0,000035, so daß also das Eis eine größere Zusammenziehung erleidet, als alle festen Körper, unter denen sich Zink am meisten ausdehnt. Weniger genau scheint die Angabe 0,000053 von Schumacher, und noch weniger das frühere Resultat 0,000245 von Placidus Heinrich ***), der indessen die entgegengesetzte alte Ansicht von Musschenbroek, daß die Kälte das Eis ausdehne, durch directe Messung widerlegte.

So lange die Körper sich noch in einer Temperatur befinden, die weit entfernt von dem Grade ist, bei welchem sie ihren Aggregatzustand ändern, also für feste Körper im Allgemeinen zwischen dem Gefrier- und Siede-Punkte des Wassers, kann man gewiß ohne merklichen Fehler annehmen, daß sie sich proportional der Temperaturzunahme ausdehnen. Für höhere Temperaturen findet aber eine merkliche Zunahme der Ausdehnung statt, und folglich wird auch für niedere Grade eine solche Zunahme streng genommen ohne Zweifel statt haben.

So fanden Dulong und Petit †) die Ausdehnung des Glases für 1° C. für die Temperatur von 0° bis 100° = 0,000008613; von 100° bis 200° = 0,000009839; von 200° bis 300° = 0,000010857; die Ausdehnung des Eisens von 0° bis 100° = 0,000012666, bei 300° = 0,000015735; die Ausdehnung des Kupfers von 0° bis 100° = 0,000018411, bei 300° = 0,000020180; die Ausdehnung des Platins von 0° bis 100° = 0,000009474, bei 300° = 0,000009839. — Von 0° bis zur Weißglühhitze dehnt sich nach Rinmann ††) der Stahl um 0,0285650, Schmiedeeisen um 0,0125000, Gußeisen um 0,0214250 aus. — Daniell erhitzte eine Platinstange in einer Temperatur von wenigstens 1800° C. und fand, daß dasselbe, vorher weich, biegsam und von glatter Oberfläche, nach so starker Erhitzung hart, zerbrechlich, von rauher und krystallinischer Oberfläche geworden war, aber dennoch dieselbe Ausdehnsamkeit durch die Wärme als vor dem Erhitzen besaß.

In Bezug auf das Rückgehen der Körper zu ihrem früheren Volumen bei Wiederherstellung der früheren Temperatur sind Ausnahmen bemerkt worden. So fand schon Pictet †††), daß Eisen bei einer plötzlichen Temperaturveränderung sein früheres Volumen nicht genau wieder erhalte. Ferner, daß ausgedehntes

---

*) Pogg. Ann. Bd. LXIV. S. 124.

**) Erdmann u. Marchand Journ. Bd. XXXV. S. 254, 315, 509.

***) Gilb. Ann. Bd. XXVI. S. 228.

†) Ann. de Ch. et de Ph. T. VII. p. 1838. Gilb. Ann. Bd. LVIII. S. 234.

††) Thomson System der Chem. Uebers. v. Wolf. Berl. 1805. Bd. I. S. 454. Gehler's phys. Lex. Bd. I. S. 572 ff.

†††) Biblioth. Univ. T. I. p. 199.

oder zusammengedrücktes Eisen nach dem Aufhören des Einflusses der äußeren Gewalt sein voriges Volumen, wenigstens für eine Zeit lang, nicht wieder erhalte. Durch Prinsep wurde die erste Erfahrung bestätigt. Dieser bestimmte den Cubikinhalt einer Retorte vor dem Erhitzen, und als er sie einmal oder öfter einer starken Hitze ausgesetzt hatte, überzeugte er sich, daß sie nach jeder Erhitzung größer ward, selbst nachdem sie ihre ursprüngliche Temperatur wieder angenommen hatte. Er bestimmte ihre Capacität durch das Gewicht von reinem Quecksilber, das sie bei 80° F. faßte. So fand er ihre Capacität

vor dem ersten Versuche = 9,13 C. Z.
nach der ersten Erhitzung = 9,64 —
nach der dritten Erhitzung = 10,16 —

Man nimmt an, daß Stahl, wenn man denselben bis auf den Härtungsgrad erhitzt, sich um $^1/_8$ Zoll im Fuße ausdehnt, und bei dem Härten nur etwa um $^2/_3$ der Länge, um welche er sich ausdehnte, wieder zusammenzieht, wenn nämlich wirklich Härtung stattfindet, denn sonst zieht er sich beinahe auf seine ursprüngliche Länge zusammen.

Tyler fand indeß, daß diese bleibende Ausdehnung keine nothwendige Folge des Härtens sei, indem er in einer Menge von Fällen, bei dünnen hohlen Cylindern oder flachen Ringen, wo die Abkühlung am leichtesten durch und durch und beinahe augenblicklich geschehen konnte, fand, daß keine bleibende Vergrößerung stattfand.

Während flüssige Körper (namentlich Wasser, s. d. Folg.) bei Annäherung an den Gefrierpunkt sich ausdehnen, ziehen sich, wie Rose beobachtet hat, manche feste Körper bei der Annäherung an ihren Schmelzpunkt bis zu einer gewissen Grenze zusammen. Dies hat Rose *) am Rose'schen Metalle beobachtet, einer Legirung aus 2 Th. Wismuth, 1 Th. Blei und 1 Th. Zinn, welche bei 75° R. schmilzt. Wird die Temperatur von 0° aus erhöht, so scheinen die Volumenveränderungen bis etwa 35° R. den Temperaturen nahe proportional zu sein. Bei 35° R. findet ein Punkt höchster Ausdehnung statt, von wo an bei weiterer Erhöhung der Temperatur Zusammenziehung eintritt, welche anfangs sehr rasch geht, aber allmälig abnimmt, bis sie bei 56° R. den niedrigsten Grad erreicht hat. Bei fortgesetzter Erhöhung der Temperatur nimmt nun das Volumen wieder zu, bis zu 75° R., wo der Schmelzpunkt des Metalls liegt. Jetzt tropfbar geworden dehnt es sich zwischen 75° und 80° R. noch sehr stark aus, scheint aber von da an wieder denselben regelmäßigen Gang zu befolgen, als von 0° bis 35° R. Merkwürdig ist besonders der Umstand, daß das Volumen beim Schmelzpunkte (bei 75° R.) dem beim Punkte der größten Ausdehnung (bei 35° R.) gleich ist.

Eine höchst merkwürdige Entdeckung hat Mitscherlich **) gemacht, nämlich die, daß alle krystallisirten Körper, mit Ausnahme derer, welche zum regulären Systeme gehören (s. Krystall), durch die Wärme nicht nach allen Richtungen gleichmäßig ausgedehnt werden. Die Ausdehnung ist vielmehr in der kleineren Axe bedeutender, als in der größeren. Diese Erscheinung ist mit entsprechenden Veränderungen in den Winkeln der Krystalle verbunden. Bei manchen

*) Vergl. H. Erman über das Rose'sche Metall. Pogg. Ann. Bd. IX. S. 557.
**) Ann. de Ch. et de Ph. T. XXVI. p. 222; Pogg. Ann. Bd. I. S. 125, Bd. X. S. 137, Bd. XLI. S. 213.

Krystallen wird sogar durch die Wärme die größere Axe kleiner, während die kleinere sich ausdehnt. So fand Mitscherlich, daß der Kalkspath, wenn er von $12^1/_2{}^0$ bis 83^0 C. erwärmt wird, in der Richtung der Hauptaxe um 0,001737 sich ausdehnt, während er zugleich nach allen darauf senkrechten Richtungen um 0,0005 C. sich zusammenzieht.

Bei Krystallen, welche zum regulären Systeme gehören, fand Mitscherlich, daß ihre Winkel nicht verändert wurden und daß sie sich nach allen Richtungen gleichmäßig ausdehnten. Die Krystalle, deren primitive Gestalt ein Rhomboëder oder ein sechsseitiges Prisma, verhalten sich in der Richtung der Hauptaxe anders gegen die Wärme, als in den übrigen Richtungen. Die Krystalle endlich, deren primitive Gestalt ein Rectanguläroktaëder oder rhombisches Oktaëder ist, oder im Allgemeinen alle die Krystalle, bei denen die doppelte Strahlenbrechung von zwei Axen abhängig ist, dehnen sich auch nach allen drei Richtungen verschieden aus. Die Ausdehnung der Krystalle richtet sich genau nach den Axen, und zwar dehnen sich die kleineren Axen verhältnißmäßig mehr aus als die größeren. — Durch die Wärme nähern sich die Körper immer mehr dem tropfbaren Zustande, in welchen sie nach Eintritt des erforderlichen Wärmegrades wirklich übergehen. Das beobachtete Kleinerwerden oder doch minder bedeutende Zunehmen der großen Axe, während die kleinere Axe wächst, muß endlich Gleichheit beider Axen herbeiführen, wie sie im tropfbaren Zustande stattfindet *). Fresnel **) hat ein einfaches Mittel angegeben, die Verschiedenheit der Ausdehnung der Krystalle nach ihren Axen zu beobachten. Man löse zwei sehr dünne Blättchen von einem Gypskrystall ab, und leime sie so auf einander, daß die Linien, welche ihre Axenwinkel mitten durch theilen, sich rechtwinklig kreuzen. Der Tischlerleim, dessen sich Fresnel hierbei bedient, erweicht sich immer bei der Erwärmung, so daß die beiden Blättchen, während sie warm sind, über einander fortgleiten können. Läßt man sie aber erkalten, so erhärtet der Leim und die Blättchen sind mit einander verbunden. Da sie nun in der Richtung auf einander gelegt sind, in welcher der Unterschied der Ausdehnungen am größten ist, so wird das Blättchen, welches am meisten nach einer Richtung ausgedehnt war, sich auch stärker als das andere zusammenziehen, genöthigt sein, sich zu krümmen und die concave Seite eines Blättchen zu bilden, von dem das andere die convexe Seite ausmacht. Das Umgekehrte findet parallel der Axe, in der auf ersterer senkrechten Richtung statt, so daß die zusammengeleimten Blättchen nach dem Erkalten die Form einer krummen Fläche annehmen. Sehr schön und leicht läßt sich die Erscheinung der ungleichen Ausdehnung auch zeigen, wenn man aus Zwillingskrystallen (am besten von Gyps, sogenannte Schwalbenschwänze) Platten so herausschneidet, daß die Schnittflächen senkrecht gegen die Zusammensetzungsfläche sind. Bei der Temperatur, bei welcher der Krystall geschliffen wird, sind diese Schnittflächen ganz eben, und jede giebt von einem entfernten Gegenstande ein einfaches Bild. Wird nun der Krystall auf

*) Entsprechend ist die ebenfalls von Mitscherlich beobachtete Erscheinung, daß, wenn ein Salz bei einer gewissen Temperatur mit einer gewissen Krystallgestalt angeschossen ist, aber nachher einer höheren Temperatur ausgesetzt wird, bei der es mit einer andern Krystallgestalt angeschossen sein würde, es sich in ein Aggregat von Krystallen dieser letzteren Form verwandelt, ohne daß vorher ein flüssiger Zustand eingetreten ist.

**) Pogg. Ann. Bd. II. S. 109.

60° bis 80° erwärmt, so wird jede Schnittfläche eine gebrochene Ebene und man erblickt zwei Spiegelbilder jenes Gegenstandes.

Man kann auch zwei Krystalle so zusammenkitten, daß ihre Axen verschiedene Richtung haben, und dann Platten auf die angegebene Weise herausschneiden.

Wie nothwendig dem Physiker die Kenntniß der Gesetze der Ausdehnung fester Körper sei, geht schon daraus hervor, daß er bei allen Versuchen mit tropfbaren und ausdehnsam flüssigen Körpern metallner oder gläserner Gefäße sich bedient, deren Ausdehnung durch die Wärme in Rechnung gebracht werden muß, wo es auf Bestimmung der Ausdehnung flüssiger Körper ankommt. Wie groß die Einwirkung der Ausdehnung der festen Körper auf die der in ihnen enthaltenen Flüssigkeit sei, geht aus folgender Erfahrung hervor. Wenn man ein Thermometer in Wasser von 0° Temperatur bringt, so wird das Quecksilber im Thermometer (besonders wenn es eine etwas große Kugel hat), statt auf 0° zu sinken, erst um ein weniges steigen, und erst nach einiger Zeit auf 0° herabsinken. Umgekehrt, wenn man das Thermometer in siedendes Wasser taucht, wird das Quecksilber, statt sogleich auf 100° C. zu steigen, erst um ein weniges fallen, und erst nach einiger Zeit auf 100° C. steigen. Der Grund dieser auffallenden Erscheinung liegt darin, daß sich bei der Erkältung das Glas zusammenzieht, und bei der Erwärmung ausdehnt, bevor noch das Quecksilber die Temperatur des Wassers angenommen hat.

Sehr wichtig ist es auch, die Dimensionsveränderungen, welche astronomische Instrumente durch die Wärme erleiden, zu kennen. Wie man namentlich die Erfahrungen über die verschiedene Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme zu Berichtigung der Pendel benutzt, darüber s. d. Art. Compensation. Andere Anwendungen der Erfahrungen über die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme s. u. d. A. Chronometer, Metallthermometer.

Die tropfbar-flüssigen Körper werden in stärkerem Grade von der Wärme ausgedehnt, als die festen Körper. Da aber die Punkte, bei denen diese Körper ihren Aggregationszustand verändern, bei den meisten in ziemlich geringer Entfernung von 0° stehen (einige verwandeln sich in einer Wärme beträchtlich unter 100° C. schon in ausdehnsam-flüssige Körper), so zeigt die Zunahme ihrer Ausdehnung gemäß den Graden der Temperatur bei weiten weniger Gleichmäßigkeit, als bei den festen Körpern.

Allgemein läßt sich wohl festsetzen, daß bei jeder tropfbaren Flüssigkeit einer bestimmten Temperatur eine bestimmte Ausdehnung entspricht, ferner daß die Ausdehnung mit dem Temperaturgrade zunimmt (aber nicht gleichmäßig), und endlich daß die Zunahme der Ausdehnung einer Flüssigkeit um so stärker wird, je näher der Wärmegrad, welchem sie ausgesetzt wird, ihrem Siedepunkte kommt, bei gleichem Temperaturgrade sich also diejenigen Flüssigkeiten am stärksten ausdehnen, deren Siedepunkt jenem Temperaturgrade am nächsten liegt. In der Nähe ihres Siedepunktes scheinen sich die Flüssigkeiten in einem größeren Verhältnisse auszudehnen, als die Temperatur wächst; in der Nähe der Temperatur, in welcher sie fest werden, verhalten sich aber nicht alle auf gleiche Weise. Man hat nämlich

gefunden, daß der Punkt größter Dichtigkeit einer Flüssigkeit nicht immer mit dem ihrer Erstarrung zusammenfällt. Ueber diese Erscheinung beim Wasser wird sogleich gesprochen werden. Es giebt Flüssigkeiten, die sich beim Festwerden wie das Wasser ausdehnen, so z. B. das geschmolzene Eisen, das Wismuth, das Antimon und der Schwefel; andere ziehen sich bei dem Erstarren zusammen, z. B. das Quecksilber.

Die gewöhnliche Art, die Ausdehnung der Flüssigkeiten zu messen, ist dieselbe, auf welcher das Thermometer beruht, und die Schwierigkeiten, welche bei diesen Untersuchungen zu überwinden sind, sind die nämlichen, welche sich der genauen Anfertigung des Thermometers entgegensetzen. Es kommt wesentlich darauf an, Glasröhren zu haben von durchgängig ganz gleicher Weite, oder ein Mittel aufzufinden, die Verschiedenheit der Weite unschädlich zu machen; darüber vergl. d. Art. Thermometer. Auch muß bei diesen Untersuchungen besonders genaue Rücksicht auf die Ausdehnung, welche das Glas durch die Wärme erleidet, genommen werden. Man kann indeß den Einfluß, welchen die Temperatur des festen Körpers auf das Steigen oder Fallen des flüssigen hat, vermeiden (und also die sonst nöthige Correctur ersparen) in der Weise, welche Dulong und Petit*) zur Bestimmung der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers angewandt haben. Man biegt eine Glasröhre so, daß sie zwei Schenkel hat, welche rechtwinklig auf ihrem mittleren Theile aufstehen. Darauf bringt man diese Röhre in eine solche Stellung, daß die beiden Schenkel genau lothrecht stehen, und gießt die zu untersuchende Flüssigkeit in die Röhre, welche in beiden Schenkeln derselben in gleichem Niveau stehen wird, so lange als beide Schenkel derselben Temperatur ausgesetzt sind. Erwärmt man nun den einen Schenkel, während man den anderen in der anfänglichen Temperatur erhält, so giebt die Erhebung der Flüssigkeit in dem erwärmten Schenkel die absolute Ausdehnung der Flüssigkeit an. Denn der Einfluß, welchen die Ausdehnung des Glases des erwärmten Schenkels haben könnte, wird aufgehoben durch das Gleichgewicht, welches die Flüssigkeit den Gesetzen der Schwere gemäß in beiden Schenkeln hält, so daß sich also bei Erweiterung der einen Röhre die Correctur am Instrumente von selbst vollzieht. Um den Niveau-Unterschied der Flüssigkeit in beiden Schenkeln genau messen zu können, bedient man sich des Mikrometers oder des Fernrohres.

Da die Ausdehnung sich umgekehrt verhält, wie das specifische Gewicht, so kann man jene aus diesem leicht berechnen, doch muß auch bei dieser Methode auf die Ausdehnung des festen Körpers, dessen man sich bedient, Rücksicht genommen und die Rechnung darnach corrigirt werden. In dieser Art stellte G. G. Schmidt**) mittelst des von ihm verbesserten Fahrenheit'schen Aräometers Beobachtungen an ***).

---

*) Ann. de Ch. et de Ph. T. VII. p. 127.

**) Gren N. J. Bd. I. S. 216.

***) Vergl. die Untersuchungen von Stampfer über die Ausdehnung des Wassers im Folgenden. S. 592.

Die von ihm gefundenen Dichtigkeiten sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Temperatur R.	Wasser	Weingeist	Terpentinöl	Olivenöl	1 Th. Alkali 1 Th. Wasser	1 Th. Salz 4 Th. Wasser	Doppelt Scheide-Wasser	Vitriolöl
5	10014,312	—	—	—	—	—	—	—
10	10010,084	830,31	—	—	—	—	—	—
15	10000,000	827,21	888,40	917,70	—	1142,00	1170,20	1893,00
20	9985,774	822,84	882,25	912,35	—	1138,85	1166,85	1883,85
25	9968,465	816,40	877,96	907,00	1084,40	1135,80	1161,70	1878,83
30	9948,073	810,64	872,80	902,55	1082,66	1132,55	1157,25	1871,44
35	9924,598	804,83	867,40	900,20	1079,00	1129,10	1152,40	1864,00
40	9898,040	799,38	863,45	896,05	1076,36	1125,35	1148,05	1855,38
45	9868,409	795,60	856,63	890,80	1073,65	1121,85	1142,10	1849,73
50	9835,695	—	850,95	886,02	1064,06	1119,15	1135,35	1843,95
55	9799,898	—	846,10	882,50	1061,35	1115,30	—	1837,80
60	9761,018	—	—	877,02	1057,30	1110,15	—	1831,65
65	9719,055	—	—	—	1052,35	1106,50	—	1824,76
70	9674,009	—	—	—	—	1103,85	—	1819,35
75	9625,880	—	—	—	—	1097,10	—	1813,35
80	9574,668	—	—	—	—	—	—	—

De Luc*) hat eine große Menge Untersuchungen angestellt, mittelst Thermometerröhren, welche er mit verschiedenen Flüssigkeiten füllte. Die Flüssigkeiten, welche er untersuchte, wurden durch Erhitzung vorher von Luft befreit, wodurch sie die Fähigkeit erhielten, ohne zu sieden, weit höhere Temperaturgrade auszuhalten als die sind, bei denen sie in freier Luft sieden. Er bezeichnete den Punkt des schmelzenden Schnees mit 0 und machte bis zum Siedepunkte des Wassers 80 gleiche Theile. Hiernach giebt eine Vergleichung der verschiedenen Stände bei gleichen Temperaturen folgende Tabelle:

Quecksilber	Olivenöl	Kamillenöl	Quendelöl	Gesättigte Salzsoole	Alkohol	1 Th. Alkohol 1 Th. Wasser	1 Th. Alkoh. 3 Th. Wasser	Wasser
80	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
75	74,6	74,7	74,3	74,1	73,8	73,2	71,6	71,0
70	69,4	69,5	68,8	68,4	67,8	66,7	62,9	62,0
65	64,4	64,3	63,5	62,6	61,9	60,6	55,2	53,5
60	59,3	59,1	58,3	57,1	56,2	54,8	47,7	45,8
55	54,2	53,9	53,3	51,7	50,7	49,1	40,6	38,5
50	49,2	48,8	48,3	46,6	45,3	43,6	34,4	32,0
45	44,0	43,6	43,4	41,2	40,2	38,4	28,4	26,1
40	39,2	38,6	38,4	36,3	35,1	33,3	23,0	20,5
35	34,2	33,6	33,5	31,3	30,3	28,4	18,0	15,9
30	29,3	28,7	28,6	26,5	25,6	23,9	13,5	11,2
25	24,3	23,8	23,8	21,9	21,0	19,4	9,4	7,3
20	19,3	18,9	19,0	17,3	16,5	15,3	6,1	4,1
15	14,4	14,1	14,2	12,8	12,2	11,1	3,4	1,6
10	9,5	9,3	9,4	8,4	7,9	7,1	1,4	0,2
5	4,7	4,6	4,7	4,2	3,9	3,4	0,1	0,4
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
— 5	—	—	—	—4,1	—3,9	—	—	—
—10	—	—	—	—8,0	—7,7	—	—	—

*) J. A. de Luc: Untersuch. über d. Atmosphäre, übers. Leipzig 1776. 2 Th. 8. Bd. I. S. 425.

Von Thomson wurde die Ausdehnung der Schwefelsäure, der Salpetersäure und des Terpentinöls untersucht, von Blagden und Gilpin die des Quecksilbers, Wassers und Alkohols; die Resultate hat Thomson*) in folgender Tabelle zusammengestellt.

Temper. C.	Quecksilber	Schwefelsäure	Salpetersäure	Wasser	Terpentinöl	Alkohol
0,00	100000	—	—	—	—	100000
4,45	100081	99752	99514	—	—	100539
10,00	100183	100000	100000	100023	100000	101015
15,56	100304	100279	100468	100091	100160	101688
21,11	100406	100558	100990	100197	100993	102281
26,67	100508	100806	101530	100332	101471	102890
32,22	100610	101054	102088	100694	101931	103517
37,78	100712	101317	102620	100908	102446	104162
43,33	100813	101540	103196	—	102943	—
48,89	100915	101834	103776	101404	103421	—
54,44	101017	102097	104352	—	103954	—
60,00	101119	102320	105132	—	104573	—
65,56	101220	102614	—	102170	—	—
71,11	101322	102893	—	—	—	—
76,67	101424	103116	—	—	—	—
82,22	101526	103339	—	—	—	—
87,78	101628	103587	—	103617	—	—
93,33	101730	103911	—	—	—	—
100,00	101835	—	—	104577	—	—

Newton untersuchte die Ausdehnung des Leinöls und fand das Verhältniß des Volumens bei 0°, 37°,78 und 100° C. = 100000, 102760 und 107250.

Gay-Lussac**) ließ vier Flüssigkeiten, Wasser, Alkohol, Schwefelkohlenstoff und Schwefeläther, von 5 zu 5° erkalten und bestimmte ihre Zusammenziehung in 1000 Theilen der Einheit. Das Wasser siedete bei 100°, der Alkohol bei 78°,41, der Schwefelkohlenstoff bei 46°,60, der Schwefeläther bei 35°,66 C. Ihre Zusammenziehungen waren folgende:

*) System der Chemie. Berlin 1805. Bd. I. S. 451.
**) Ann. de Chim. et de Phys. T. II. p. 130.

Temp.	Wasser	Diff.	Alkohol	Diff.	Schwefel-Kohlenst.	Diff.	Schwe-feläther	Diff.
0	0,00	3,34	0,00	5,55	0,00	6,14	0,00	8,15
5	3,34	3,27	5,55	5,88	6,14	5,87	8,15	8,02
10	6,61	3,89	11,43	6,08	12,01	5,97	16,17	7,99
15	10,50	2,65	17,51	5,83	17,98	5,82	24,16	7,67
20	13,15	2,81	23,34	5,81	23,80	5,85	31,83	7,31
25	16,06	2,79	29,15	5,59	29,65	5,41	39,14	7,28
30	18,85	2,67	34,74	5,54	35,06	5,42	46,42	5,64
35	21,52	2,58	40,28	5,40	40,48	5,29	52,06	6,71
40	24,10	2,40	45,68	5,17	45,77	5,30	58,77	6,71
45	26,50	2,06	50,85	5,17	51,08	5,20	65,48	6,53
50	28,56	2,04	56,02	4,99	56,28	4,86	72,01	6,37
55	30,60	1,82	61,01	4,95	61,14	5,07	78,38	
60	32,42	1,60	65,96	4,78	66,21		—	
65	34,02	1,45	70,74	4,74	—		—	
70	35,47	1,23	75,48	4,63	—		—	
75	36,70		80,11		—		—	

Die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme ist besonders genau untersucht worden, weil sie von besonderer Wichtigkeit ist, indem das Quecksilber zu den meisten Thermometern benutzt wird, wozu es auch wegen der großen Entfernung seines Gefrierpunktes von seinem Siedepunkte und wegen seiner großen Empfindlichkeit für die Wärme vorzüglich geeignet ist. Dabei dehnt sich das Quecksilber zwischen dem Gefrierpunkte und dem Siedepunkte des Wassers regelmäßig aus, d. h. sein Volumen nimmt in demselben Verhältnisse zu, in welchem die Wärme zunimmt. Zwar ist diesem von einigen Physikern, namentlich von Roy *) widersprochen worden, indem derselbe eine zunehmende Ausdehnung des Quecksilbers wahrgenommen haben wollte; allein die genauesten Untersuchungen, welche verschiedene Physiker angestellt, haben gelehrt, daß allerdings, und zwar von tief unter 0° liegenden Graden an, die Ausdehnung des Quecksilbers noch bis über den Siedepunkt des Wassers hinaus regelmäßig sei. Derartige Untersuchungen haben angestellt De Luc, Flaugergues, Gay-Lussac **), vorzüglich aber Dulong und Petit ***). Diese verglichen die Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers, und fanden, daß von einem wenig über dem Erstarrungspunkte des Quecksilbers liegenden Grade an bis über den Siedepunkt des Wassers hinaus das Volumen des Quecksilbers im gleichen Verhältnisse mit der Temperatur zunehme. Folgende Tabelle enthält in Graden der hunderttheiligen Scale die erhaltenen Werthe corrigirt für die Ausdehnung des Glases.

*) Phil. Trans. T. LXVII. p. 653.

**) Unters. üb. d. Atm. Bd. I. S. 355; Journ. de Ph. T. LXXXII. p. 401; La Place Méc. Cél. T. IV. p. 270.

***) Ann. de Chin. et de Phys. T. VII. p. 118 ff.

Queckſ.-Therm.	Luft-Therm.	Queckſ.-Therm.	Luft-Therm.
— 36,29	— 36,18	0	0
— 34,72	— 34,84	100	100
— 33,31	— 33,40	150	148,70
— 32,27	— 32,13	200	197,05
— 31,63	— 31,54	250	245,05
— 31,26	— 31,04	300	292,70
— 30,46	— 30,59	360	350,00
— 29,68	— 29,64		

Die Angaben dieſer Phyſiker über die wahre Ausdehnung des Queckſilbers ſind leider auf Gay-Luſſac's Beſtimmung der Ausdehnung der Luft geſtützt, indem ſie die Temperatur aus den Angaben des Luft-Thermometers mittelſt des Coefficienten 0,00375 ableiteten, deſſen Richtigkeit (wie ſpäter gezeigt werden ſoll) nach neueren Unterſuchungen in Zweifel gezogen iſt.

Dulong und Petit bedienten ſich der oben S. 585 beſchriebenen Methode, durch welche der ſtörende Einfluß des Glaſes beſeitigt wurde, und fanden als Coefficienten der cubiſchen Ausdehnung des Queckſilbers für 100° C. den Werth 0,018018. Zugleich ergab ſich aus ihren Unterſuchungen, daß über den Siedpunkt des Waſſers hinaus die Ausdehnung des Queckſilbers im Vergleich mit der der Luft ſtärker zunimmt. Die Reſultate ſind:

Temperatur aus der Ausdehnung der Luft abgeleitet	Mittlere Werthe der Ausdehn. des Queckſilbers für 100° C.	Temp. angezeigt von der als gleichförmig vorausgeſ. Ausdehn. des Queckſ.
0°	$0 = 0{,}000000$	0°
100°	$\frac{1}{55^1/_2} = 0{,}018018$	100°
200°	$\frac{1}{54^1/_4} = 0{,}018433$	204°,61
300°	$\frac{1}{53} = 0{,}018868$	314°,15

Neuerdings hat Regnault Verſuche über die Ausdehnung des Queckſilbers angeſtellt. S. d. Art. Thermometer.

Die Ausdehnung des Waſſers durch die Wärme iſt ebenfalls vielfach unterſucht worden. Das Waſſer bietet die merkwürdige Erſcheinung dar, deren ſchon oben gedacht worden, daß es nicht im Gefrierpunkte ſein kleinſtes Volumen oder, was daſſelbe iſt, ſeine geringſte Dichtigkeit annimmt, ſondern vielmehr ſich im Gefrierpunkte mit einer bedeutenden Kraft ausdehnt. Ueber die Größe dieſer Kraft wurden während des Winters 1828 auf 1829 intereſſante Verſuche im Arſenale zu Warſchau angeſtellt. Es wurde eine Haubitze von Gußeiſen von 6 Z. 8 Lin. Durchmeſſer, 1 Z. 2 Lin. Wanddicke und 1 Z. 2 Lin. Oeffnung, welche 46,29 Cubikzoll faßte, bei einer Lufttemperatur von 21° F. mit Waſſer von 41° F. angefüllt. Als das Waſſer gefroren war, ragte aus dem Halſe der Kugel ein Eiscylinder von dem Durchmeſſer der Oeffnung hervor und wuchs

innerhalb 2 Stunden auf eine Länge von 2 Z. 2 Lin. an. Weiter fand keine Zunahme desselben statt, woraus man sieht, das Volumen des Wassers hatte beim Gefrieren um 2,31 Cubikzoll oder um $^1/_{20}$ zugenommen. Eine andere Kugel wurde mit Wasser gefüllt, mit einem Holzpfropf verkeilt und dann der oben angegebenen Temperatur ausgesetzt. Da wurde der Pfropf herausgetrieben und sein Platz von Eis eingenommen. Eine dritte Kugel wurde, nachdem sie mit Wasser gefüllt war, durch eine eiserne Schraube verschlossen und wieder der erwähnten Temperatur ausgesetzt. Nach 7 Stunden barst die Kugel in 2 ungleiche Theile, wovon der größere 7 Fuß, der kleinere 10 Fuß von Ort und Stelle geschleudert wurde, und doch hatte sich nur eine 6 Lin. dicke Eiskruste gebildet, der Rest war flüssig geblieben. Endlich wurde noch eine andere Kugel mit Wasser von 46° F. gefüllt, die Oeffnung mit einer 6 Lin. dicken Schraube geschlossen und die Kugel in die Luft von 28° F. Temperatur gebracht. Auch diese Kugel barst in 2 ungleiche Theile, deren einer 4 Fuß weit hinwegflog. Die entstandene Eiskruste war 13 Linien dick, der Rest blieb flüssig. Bei einem ferneren Versuche dieser Art betrug die Dicke der Kruste Eis, welches sich beim Bersten der Kugel zeigte (das wieder bei 28° F. erfolgte), 5 Linien.

Die größte Dichtigkeit*) hat das Wasser bei einem etwas höheren Grade, als der seines Gefrierpunktes ist. Dieses wurde zuerst beobachtet von den Mitgliedern der Accademia del Cimento **) als sie Versuche über die Entstehung des Eises anstellten. Mehrere Physiker waren anfänglich geneigt, die beobachtete Erscheinung der Ausdehnung des Glases zuzuschreiben, wogegen sich jedoch schon Crowne erklärte. De Luc ***) stellte eine Reihe von Untersuchungen an, und wollte gefunden haben, daß der Punkt der größten Dichtigkeit des Wassers bei 5° C. liege und daß sich das Wasser bei gleichen Temperaturunterschieden über und unter diesem Punkt gleichviel ausdehne. De Luc hatte indessen versäumt, seine Versuche in Bezug auf die Ausdehnung des Glases zu berichtigen. Um genau den Punkt der größten Dichtigkeit des Wassers zu finden, sind von mehreren Physikern Untersuchungen angestellt worden, welche jedoch die größte Schwierigkeit darin fanden, daß die Ausdehnung der festen Körper, die beim Messen angewandt wurden, in Rechnung gebracht werden mußte. Wichtigere Versuche wurden in neuerer Zeit von Muncke, Stampfer und Hällström angestellt.

Muncke bediente sich durchgängig reinen destillirten zuvor stark und anhaltend ausgekochten Wassers, und die anzuwendenden gläsernen Meßröhren wurden vor dem Versuche in Bezug auf ihre Ausdehnung untersucht.

---

*) Der Punkt der größten Verdichtung des Wassers ist von den französischen Gelehrten bei Bestimmung der Gewichtseinheit im Metersystem zu Grunde gelegt worden. Diese Gewichtseinheit, welche den Namen Gramme führt, ist dem Gewicht eines, auf den Punkt der größten Verdichtung gebrachten, Cubikcentimeters destillirten Wassers gleich. Hiernach wird man aus der Anzahl von Cubikcentimetern, welche in einem Gefäße enthalten sind, sogleich die Anzahl von Grammen Wassers finden können, die es bei der Temperatur des Maximums der Dichtigkeit enthalten würde; oder hat man umgekehrt durch die Wage die Gewichtsbestimmung des bei eben dieser Temperatur in dem Gefäß enthaltenen Wassers gefunden, so wird sich sogleich sein Volumen daraus ergeben, indem man für jeden Gramm ein Cubikcentimeter rechnet.

**) Musschenbroek Tent. exper. cet. T. I. p. 146. Phil. Tr. 1670. T. V. p. 2020.

***) Unters. üb. d. Atm. Bd. I. S. 439. Gilb. Bd. I. S. 471.

Die Messungen wurden mit thermometerartigen Apparaten angestellt, welche aus einer Glaskugel von 0,75 bis 1,25 Par. Zoll Durchmesser und einem angeblasenen Thermometerröhrchen von 11 Zoll Länge bestanden. Auf die Röhrchen (von Würzburger Glase) war mit den feinsten Strichen eine Scale von 200 gleichen Theilchen geätzt, sie waren darauf mit reinem Quecksilber gefüllt und nach Art der Thermometer vollständig ausgekocht worden. Zum Messen der Temperaturen bediente sich Muncke sehr genauer Thermometer.

Meßröhre und Thermometer wurden in einen irdenen Topf mit Wasser gesenkt, jedoch nicht so, daß sie den Boden berührten, welches nie richtige Resultate gab, sondern der Beobachter hielt die Röhren beider Instrumente zwischen den Fingern möglichst in der lothrechten Axe des Topfes schwebend, die Durchmesser beider Kugeln in einer horizontalen Ebene, und maß die Tiefe der Einsenkung nach derjenigen Höhe ab, bis zu welcher die Flüssigkeit im Meßröhrchen schon aufgestiegen war, um den Stand der Flüssigkeit und die Scale über dem Rande des Topfes bequem erkennen und letztere genau ablesen zu können. Der Topf selbst stand in einem blechernen Gefäße mit etwa 2,5 Zoll hohem Rande, welches theils zur Aufnahme des überfließenden Wassers diente, theis zur Erhaltung einer constanten Temperatur förderlich war, zu welchem Ende dasselbe mit Wasser von nahe der nämlichen Temperatur gefüllt ward, als welche im Topfe selbst bleibend erhalten werden mußte. Dem Wasser im Topfe wurde die erforderliche Wärme durch Zugießen von heißem Wasser oder durch Beimischung von etwas Schnee gegeben, welche beide in Gefäßen nahe zur Hand bereit gehalten wurden. Durch dieses Mittel wurde zuerst das Wasser auf die erforderliche Temperatur gebracht, und um es dann die gehörige Zeit unverändert darauf zu erhalten, da die Kugel der Meßröhre ungleich größer und außerdem die Empfindlichkeit in diesem Apparate größtentheils ungleich geringer gegen den Einfluß des umgebenden Wassers war, als die des Quecksilbers im Thermometer, wurden in kurzen Zeitintervallen so geringe Quantitäten heißen Wassers oder Schnee zugesetzt, daß die Temperatur des Wassers im Topfe eine beliebige Zeit lang unverändert blieb, auf jeden Fall so lange, als die Flüssigkeit im Meßröhrchen anhaltend einen bleibenden Stand zeigte.

Dieses bei Temperaturen zwischen etwa 10° und 30° C. leicht ausführbare Verfahren ward indeß sehr beschwerlich und langweilig für höhere Grade und reichte von etwa 60° C. an überhaupt nicht mehr aus, um dem Wasser die erforderliche Temperatur bleibend zu erhalten. Hier bedienten sich dann die Experimentatoren zweier Weingeistlampen, deren eine durch ihre größere Flamme die Wärme des Wassers zu erhöhen diente, die andere aber so eingerichtet war, daß sie möglichst genau hinreichte, die erforderliche Temperatur des Wassers bleibend zu erhalten. Ein beständiges Geschäft eines der Experimentatoren war hierbei, das Wasser in dem Topfe beständig umzurühren, indem die Beobachtung zeigte, daß erwärmtes Wasser kaum einige Secunden ruhig stehen darf, ohne sich in Schichten ungleicher Temperatur zu theilen, so daß das Thermometer in unbewegtem Wasser fast augenblicklich seinen Stand veränderte und bei einer nur geringen Veränderung der Tiefe, bis zu welcher es eingetaucht war, um mehr als einen ganzen Grad stieg oder fiel.

Da die Röhren der Meßapparate zu kurz waren, als daß die ganze Ausdehnung der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten in einer einzigen Reihenfolge von

Beobachtungen gemessen werden konnte, so mußte ein Theil der Flüssigkeit herausgenommen werden, wenn sie dem Ende der Scale nahe gekommen war; mit der verminderten Quantität wurde dann eine oder einige der letzten Beobachtungen wiederholt, um hierdurch die Quantität der herausgenommenen Flüssigkeit zu bestimmen.

Ihre beste Bestätigung erhalten die Muncke'schen Resultate durch diejenigen, welche Stampfer gefunden hat. Denn wenn ihre Zahlenangaben auch nicht durchaus dieselben waren, so stimmten sie doch näher überein, als die Angaben aller früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand. Da Stampfer auf eine von der Muncke'schen wesentlich verschiedene Art verfuhr, so geht aus dieser Uebereinstimmung zugleich hervor, mit wie großer Sorgfalt und Genauigkeit beide Physiker ihre Versuche angestellt haben müssen. Stampfer hatte bei seinen Untersuchungen zunächst die Absicht, das absolute Gewicht des Wassers mit möglichster Schärfe in Wiener Maß und Gewicht festzusetzen, und derselbe bestimmte die Dichtigkeit des Wassers durch Abwägung eines Körpers von constantem Volumen darin.

Zu diesem Ende bediente er sich eines luftdicht verschlossenen hohlen Cylinders von 3 Zoll Höhe und 3 Zoll Durchmesser, aus etwa $^1/_3$ Linie dickem Messingblech mit der größten Sorgfalt gearbeitet. Der ganze Cylinder wog etwa 26 Loth; er war hohl gearbeitet, um sein Gewicht zu verringern und um zu bewirken, daß er um so leichter die Temperatur des Wassers annehme. Um sein Volumen für jeden Grad der Temperatur genau zu kennen, stellte Stampfer vorher eine Reihe von Versuchen über die Ausdehnung des Messings, aus welchem der Cylinder verfertigt war, mit einer 1 Zoll breiten und 25 Zoll langen Schiene an, zwischen Temperaturen von 30° und 50° R. Außerdem wurde noch die geringe Convexität, welche die Böden des Cylinders bei Erwärmung der inwendig eingeschlossenen Luft vermöge zunehmenden Druckes annehmen mußten, durch Hilfsversuche ausgemittelt und bei der Volumenbestimmung mit in Rechnung gebracht. Zur Wägung bediente sich Stampfer einer sehr genauen Wage, welche so große Empfindlichkeit hatte, daß bei Belastung von 1 Pfund auf jeder Seite das Zulegen von $^1/_2$ Milligramm oder $^1/_8$ Richtpfennig noch eine deutlichen Ausschlag gab. Als Gefäß für das Wasser diente eine 7 bis 8 Zoll weite und 10 Zoll tiefe Glasglocke, so daß der in der Mitte hängende Cylinder rings herum von einer wenigstens 2 Zoll dicken Wasserschicht umgeben war. Der messingene Aufhängedraht war nicht ganz 0,1 Linie dick, und der eingetauchte Theil desselben wurde so oft gemessen, als sich die Länge änderte. Derselbe war an einem zu diesem Behufe mit einem kleinen Loche versehenen messingenen Schräubchen befestigt, welches in der Mitte der krummen Seitenfläche des Cylinders angebracht war. Die horizontale Lage des Cylinders beim Einsenken ins Wasser wurde der Lage nach der Richtung der Axe vorgezogen, weil die Luft unter solchen Verhältnissen leichter ausweichen konnte. Das Volumen des Schräubchens nebst jedesmaliger Länge des eingeschraubten Drahtes wurde mit in Rechnung gebracht. Die Einsenkung des Cylinders geschah mit der größten Vorsicht, nachdem derselbe mit Salzwasser gewaschen war, um jeden fettigen Ueberzug zu vertreiben, der die genaue Adhäsion des Wassers hätte hindern können. Der Cylinder wurde darauf so langsam eingesenkt, daß die Haarröhrchenkraft mit der Benetzung der Oberfläche gleichen Schritt halten konnte. Die Temperatur des Wassers wurde mittelst zweier gehörig geprüfter Thermometer gemessen, die einander gegenüber, ganz nahe am Cylinder, so in das Wasser gehängt wurden,

daß ihre Kugeln mit dem Mittelpunkte des Cylinders in einer geraden horizontalen Linie lagen. Jede Thermometerkugel war über einen Zoll von der Wand des Gefäßes entfernt. Zu den Abwägungsversuchen wurde destillirtes Wasser genommen und dieses in der Glasglocke selbst, in welcher die Versuche vorgenommen wurden, abgekocht, um die Luft zu vertreiben, und damit es beim Umgießen nicht aufs neue Luft absorbire. Zuweilen wurde das Wasser in einem Glaskolben ausgekocht und noch siedend in die Glasglocke gegossen, in welcher man es noch einige Minuten kochen ließ. Mit demselben Wasser wurden die Versuche zwei, höchstens drei Tage angestellt, worauf anderes frisch ausgekochtes Wasser genommen wurde. Um die Versuche für verschiedene Wärmegrade des Wassers zu erhalten, wurde dieses bei einer Temperatur an die Wage gebracht, welche um einige Grade höher oder tiefer als die der umgebenden Luft war, so daß während der Beobachtungen die Temperatur des Wassers sich nach und nach jener der Luft näherte. Auch Stampfer bemerkte die Schwierigkeit, die ganze den Cylinder umgebende Wassermenge in eine nach verticaler Richtung gehörig gleiche Temperatur zu versetzen oder die mittlere Temperatur derselben genau zu ermitteln. Da aber die Differenz zwischen der Temperatur der über einander liegenden Schichten um so kleiner wird, je näher die Temperatur des Wassers der Luft kommt, so unternahm Stampfer die Versuche, um eine vollständige Reihe derselben von 0⁰ bis 25⁰ R. zu erhalten, zu verschiedenen Jahreszeiten, und suchte auf diese Weise die jedesmalige Temperaturdifferenz zwischen Wasser und Luft möglichst klein zu machen. Bei der Abwägung des Cylinders in Wasser wurde so verfahren. Durch Wegnehmen oder Zulegen kleiner Gewichte wurde das Gleichgewicht etwas gestört, hierauf die Zeit des scharfen Einspielens der Zunge abgewartet und für diesen Moment der Stand der beiden Thermometer im Wasser, die Temperatur der umgebenden Luft, die Summe der Gewichte in der Schale und, um die Geschwindigkeit der Temperaturveränderung des Wassers und die Zwischenzeit der Versuche ersehen zu können, auch die Uhrzeit aufgeschrieben. Diese Operation wurde in der Nähe eines ganzen Grades der im Wasser befindlichen Thermometer mehrmals wiederholt und aus den einzelnen Beobachtungen das Mittel genommen. Die Resultate der Wägungsversuche wurden auf den leeren Raum reducirt *).

Hällström stellte ebenfalls sorgfältige Messungen an und hat das besondere Verdienst, die von Muncke und Stampfer gefundenen Beobachtungsreihen einer genauen Rechnung unterworfen zu haben.

Der aus den Beobachtungen dieser drei Physiker entnommene Mittelwerth der Temperatur für die größte Dichtigkeit des Wassers ist $3^0,9$ C. **) mit einem möglichen Fehler von $\pm\ 0^0,04$. Die Tabelle für Ausdehnung und Dichtigkeit des Wassers ergab sich wie folgt***):

---

*) Ich habe geglaubt, die von Muncke und Stampfer eingeschlagenen Methoden weitläufiger wiedergeben zu müssen, weil sie nachahmungswerthe Muster von Genauigkeit und Umsicht sind, die wichtigsten Eigenschaften, welche ein experimentirender Physiker haben muß.

**) Auch J. Pierre fand nahe dieselbe Temperatur.

***) Muncke in Gehler's physik. Lex. Art. Wärme. §. 484.

Temperatur nach C.	Volumen	Dichte	Temperatur nach C.	Volumen	Dichte
0°	1,000000	1,000000	51°	1,012033	0,988184
1	0,999950	1,000050	52	1,012497	0,987704
2	0,999915	1,000080	53	1,012962	0,987323
3	0,999894	1,000106	54	1,013438	0,986941
3,9	0,999882	1,000118	55	1,013894	0,986297
4	0,999888	1,000112	56	1,014382	0,985813
5	0,999897	1,000103	57	1,014891	0,985328
6	0,999919	1,000081	58	1,015392	0,984842
7	0,999956	1,000041	59	1,015894	0,984355
8	0,999996	0,999994	60	1,016398	0,983867
9	1,000069	0,999931	61	1,016930	0,983383
10	1,000145	0,999855	62	1,017464	0,982898
11	1,000235	0,999765	63	1,018000	0,982412
12	1,000338	0,999662	64	1,018538	0,981925
13	1,000453	0,999547	65	1,019078	0,981280
14	1,000581	0,999419	66	1,019644	0,980736
15	1,000720	0,999280	67	1,020212	0,980191
16	1,000872	0,999128	68	1,020780	0,979645
17	1,001035	0,998966	69	1,021350	0,979099
18	1,001210	0,998791	70	1,021920	0,978550
19	1,001397	0,998605	71	1,022531	0,977979
20	1,001594	0,998408	72	1,023143	0,977407
21	1,001802	0,998201	73	1,023756	0,976834
22	1,002022	0,997982	74	1,024370	0,976260
23	1,002251	0,997754	75	1,024986	0,975685
24	1,002491	0,997515	76	1,025603	0,975089
25	1,002741	0,997267	77	1,026221	0,974492
26	1,003001	0,997008	78	1,026840	0,973894
27	1,003271	0,996740	79	1,027459	0,973295
28	1,003549	0,996463	80	1,028072	0,972695
29	1,003837	0,996178	81	1,028728	0,972074
30	1,004216	0,995802	82	1,029385	0,971454
31	1,004523	0,995498	83	1,030043	0,970833
32	1,004831	0,995193	84	1,030702	0,970211
33	1,005140	0,994887	85	1,031364	0,969590
34	1,005449	0,994580	86	1,032047	0,968950
35	1,005761	0,994272	87	1,032731	0,968309
36	1,006106	0,993931	88	1,033416	0,967667
37	1,006452	0,993489	89	1,034102	0,967024
37	1,006799	0,993146	90	1,034791	0,966379
39	1,007147	0,992802	91	1,035500	0,965718
40	1,007496	0,992560	92	1,036210	0,965056
41	1,007898	0,992180	93	1,036921	0,964393
42	1,008207	0,991799	94	1,037633	0,963729
43	1,008610	0,991418	95	1,038346	0,963070
44	1,009021	0,991036	96	1,039078	9,962392
45	1,009434	0,990654	97	1,039811	0,961713
46	1,009859	0,990240	98	1,040545	0,961033
47	1,010285	0,989825	99	1,041280	0,960352
48	1,010712	0,989409	100	1,042016	0,959678
49	1,011139	0,988992			
50	1,011570	0,988563			

Ebenso stellte Despretz mit Wasserthermometern mehrfache sorgfältige Beobachtungen an, nachdem er vorher die cubische Ausdehnung seiner Gläser, sowie

die Capacität eines Theilstrichs der Röhre gegen den Inhalt der Kugel ermittelt hatte, und fand die größte Dichtigkeit des Wassers aus allen Beobachtungen im Mittel sehr nahe bei 4° C. Folgende Tabelle enthält besonders für niedere Temperaturen beachtenswerthe Resultate *):

Temperatur	Vol. bei 4° = 1	Vol. bei 0° = 1	Temperatur	Vol. bei 4° = 1	Vol. bei 0° = 1
— 9° C.	1,001631	1,001504	+ 35° C.	1,00588	1,00575
— 8	1,001373	1,001246	36	1,00623	1,00610
— 7	1,001135	1,001018	37	1,00659	1,00646
— 6	1,000918	1,000791	38	1,00696	1,00683
— 5	1,000699	1,000572	39	1,00734	1,00721
— 4	1,000562	1,000435	40	1,00773	1,00760
— 3	1,000422	1,000295	41	1,00813	1,00800
— 2	1,000308	1,000181	42	1,00854	1,00841
— 1	1,000214	1,000087	43	1,00895	1,00882
0	1,000127	1,000000	44	1,00937	1,00924
+ 1	1,000073	0,999946	45	1,00979	1,00966
2	1,000033	0,999906	46	1,01022	1,01009
3	1,000008	0,999881	47	1,01065	1,01052
4	1,000000	0,999873	48	1,01109	1,01096
5	1,000008	0,999881	49	1,01153	1,01140
6	1,000031	0,999904	50	1,01198	1,01185
7	1,000071	0,999944	51	1,01243	1,01230
8	1,000122	0,999995	52	1,01299	1,01286
9	1,000188	1,000061	53	1,01346	1,01333
10	1,000268	1,000142	54	1,01394	1,01381
11	1,000360	1,000233	55	1,01443	1,01410
12	1,000472	1,000346	56	1,01493	1,01480
13	1,000586	1,000459	57	1,01543	1,01530
14	1,000715	1,000588	58	1,01594	1,01581
15	1,000875	1,000748	59	1,01645	1,01632
16	1,001022	1,000895	60	1,01697	1,01684
17	1,001207	1,001080	61	1,01750	1,01737
18	1,00139	1,00126	62	1,01803	1,01790
19	1,00159	1,00146	63	1,01857	1,01844
20	1,00180	1,00167	64	1,01912	1,01899
21	1,00201	1,00188	65	1,01968	1,01955
22	1,00223	1,00210	66	1,02025	1,02012
23	1,00246	1,00233	67	1,02083	1,02070
24	1,00269	1,00256	68	1,02141	1,02128
25	1,00293	1,00280	69	1,02200	1,02187
26	1,00318	1,00305	70	1,02259	1,02246
27	1,00344	1,00331	71	1,02319	1,02306
28	1,00371	1,00358	72	1,02379	1,02366
29	1,00399	1,00386	73	1,02440	1,02427
30	1,00428	1,00415	74	1,02501	1,02488
31	1,00458	1,00445	75	1,02562	1,02549
32	1,00489	1,00476	76	1,02624	1,02611
33	1,00521	1,00508	77	1,02687	1,02674
34	1,00554	1,00541	78	1,02751	1,02738

*) Dove, Repert. Bd. VII. S. 215. Ann. de chim. et de phys. T. LXX. p. 5. T. LXXIII. p. 296.

Temperatur	Vol. bei 4° = 1	Vol. bei 0° = 1	Temperatur	Vol. bei 4° = 1	Vol. bei 0° = 1
+79° C.	1,02816	1,02803	+90° C.	1,03574	1,03561
80	1,02882	1,02869	91	1,03646	1,03633
81	1,02949	1,02936	92	1,03719	1,03706
82	1,03015	1,03002	93	1,03792	1,03779
83	1,03084	1,03071	94	1,03866	1,03853
84	1,03153	1,03140	95	1,03939	1,03928
85	1,03223	1,03210	96	1,04013	1,04000
86	1,03293	1,03280	97	1,04088	1,04075
87	1,03361	1,03348	98	1,04163	1,04150
88	1,03432	1,03419	99	1,04239	1,04226
89	1,03503	1,03490	100	1,04315	1,04302

Auch die Ausdehnung verschiedener anderer Flüssigkeiten durch die Wärme ist von Muncke*) gleichzeitig mit der des Wassers untersucht worden. Hierbei bediente er sich auch desselben oben beschriebenen Apparates. Die Flüssigkeiten, welche in Untersuchung gezogen wurden, erhielt Muncke größtentheils von dem ausgezeichneten Chemiker L. Gmelin, so daß also ihre völlige Unverfälschtheit angenommen werden kann.

Mit künstlich bereitetem Seewasser, d. h. mit Wasser, welches aus den durch Untersuchung gefundenen Bestandtheilen des Seewassers zusammengesetzt war, hatte vor Muncke schon Erman**) d. J. (eigentlich mit Kochsalzauflösung von 1,0270 specif. Gewicht bei 12° R., was ungefähr das specif. Gewicht des Meerwassers ist) Versuche angestellt und, so lange dasselbe flüssig blieb, keinen Punkt höchster Dichte gefunden. Selbst wenn sich Eis darin bildete, nahm der flüssig gebliebene Theil beständig und sehr stark an Dichtigkeit zu. Salzwasser von 1,020 specif. Gewicht zeigte ebenfalls keinen Punkt höchster Dichtigkeit, wenigstens keinen, der merklich vom Gefrierpunkte der Lösung entfernt wäre, also von — 1°,25 R. Salzwasser von 1,010 specif. Gewicht erreicht einen Grad höchster Dichtigkeit bei 1°,50 R., also bedeutend unter dem Grade höchster Dichtigkeit, welches reines Wasser hat. Dies sind Erman's Beobachtungen, welche von Muncke bestätigt worden sind. Muncke's Versuche sind zwischen 0° und 100° angestellt. Er fand durch Berechnung nach der von ihm aufgestellten Formel, daß der Punkt höchster Dichtigkeit für das Seewasser bei — $5^1/_4$° C. liege, und die Beobachtung Muncke's zeigte, daß bei —1°,25 C. in der That noch Verminderung des Volumens stattfinde. Nach Wrangel's Angabe soll das Seewasser bei — 5° C. zu krystallisiren beginnen, also in der Nähe des nach der Formel gefundenen Punktes höchster Dichtigkeit. Die Resultate von Muncke's Versuchen sind:

---

*) Vergleiche bezüglich des Folgenden Mém. présentés à l'acad. de St. Petersbourg par divers savants. T. I. p. 249 ff.

**) Pogg. Ann. Bd. XXII. S. 463. Bd. XLI. S. 72.

Temp.	Volumen	Temp.	Volumen	Temp.	Volumen
0° C.	1,000000	35°	1,007581	70°	1,024107
5	1,000435	40	1,009439	75	1,027007
10	1,001021	45	1,011423	80	1,030104
15	1,001908	50	1,013600	85	1,033526
20	1,003063	55	1,016010	90	1,036835
25	1,004418	60	1,018541	95	1,040440
30	1,005924	65	1,021293	100	1,044210

Auch Despretz untersuchte Meerwasser und Kochsalzlösungen und fand für ersteres (welches bei 20° das specif. Gewicht 1,0273 hatte) als Temperatur des Maximums der Dichtigkeit — 3°,67. Für die Kochsalzlösungen ergab sich:

auf 997,450 Gramm Wasser:	specif. Gewicht	Temperatur des Max. der Dichtigkeit
12,364 Gr. Kochsalz	1,009 bei 6°,26	+ 1°,19
24,692 „	1,018 „ 6,26	— 1,69
37,039 „	1,027 „ 6,60	— 4,75
74,078 „	— —	— 16 ungef.

G. Karsten*) giebt für die Temperatur t^m des Dichtigkeitsmaximums folgende von dem Procentgehalt p der Kochsalzlösung abhängige Formel:

$$t^m = + 3°,92 - 2,4\ p - 0,06\ p^2 + 0,00007\ p^3.$$

Die Ausdehnung des Weingeistes durch die Wärme ist besonders zu berücksichtigen wegen der häufigen Anwendung desselben zu Thermometern, namentlich bei Beobachtungen sehr niedriger Temperaturen. Tralles**) hatte angegeben, daß nach seinen vielen mit größter Sorgfalt angestellten Versuchen die Ausdehnung des absoluten Alkohols von — 26°,11 bis + 37°,22 C. ganz gleichförmig sei und für 1° C. 0,000846 seines Volumens betrage; daß aber für die ungleiche Ausdehnung von wasserhaltigem Alkohol kein allgemeines Gesetz gefunden werden könne. Nach Muncke***), welcher seine Formel, nach welcher er die nachstehende Tabelle berechnete, auf Beobachtungen zwischen —15° und +65° C. begründete, ist Tralles' erstere Annahme unrichtig. Durch Berechnung nach der Formel würde der Weingeist seine höchste Dichtigkeit sehr nahe bei — 89°,5 C. erlangen. Parry berichtet, daß auf dem Verdecke seines Schiffes bei der Melville-Insel in einer Temperatur von — 45° bis — 48°,5 C. der stärkste Cognac zu einer syrupähnlichen Masse gerann. Hutton hat behauptet, er habe bei — 79° C. den Alkohol zum Gefrieren gebracht, doch hat Niemand bis jetzt seinen Versuch nachmachen können.

Muncke's Tabelle der Ausdehnung des absoluten Alkohols ist folgende:

*) Karsten's Archiv für Bergbau rc. Bd. XIX. S. 1 ff. Fortschritte der Physik 1845. S. 43.

**) Gilb. Ann. Bd. XXXVIII. S. 364.

***) Muncke in Gehl. physik. Lex. Art. Wärme, §. 488.

Temperatur nach C.	Volumen	Temperatur nach C.	Volumen	Temperatur nach C.	Volumen
—100	0,948618	— 26	0,976033	13	1,013676
— 98	0,948293	— 25	0,976853	14	1,014641
— 96	0,948039	— 24	0,977682	15	1,015857
— 94	0,947854	— 23	0,978520	16	1,016954
— 92	0,947736	— 22	0,979367	17	1,018055
— 90	0,947686	— 21	0,980223	18	1,019160
— 88	0,947702	— 20	0,981087	19	1,020270
— 86	0,947783	— 19	0,981960	20	1,021384
— 84	0,947929	— 18	0,982841	21	1,022501
— 82	0,948138	— 17	0,983730	22	1,023622
— 80	0,948411	— 16	0,984628	23	1,024747
— 78	0,948744	— 15	0,985533	24	1,025876
— 76	0,949138	— 14	0,986446	25	1,027007
— 74	0,949592	— 13	0,987368	26	1,028142
— 72	0,950105	— 12	0,988297	27	1,029281
— 70	0,950676	— 11	0,989233	28	1,030422
— 68	0,951304	— 10	0,990177	29	1,031566
— 66	0,951988	— 9	0,991128	30	1,032713
— 64	0,952728	— 8	0,992086	31	1,033863
— 62	0,953521	— 7	0,993052	32	1,035016
— 60	0,954368	— 6	0,994025	33	1,036170
— 58	0,955267	— 5	0,995004	34	1,037328
— 56	0,956218	— 4	0,995990	35	1,038487
— 54	0,957220	— 3	0,996983	36	1,039649
— 52	0,958271	— 2	0,997982	38	1,041978
— 50	0,959371	— 1	0,998988	40	1,044314
— 48	0,960518	0	1,000000	42	1,046657
— 46	0,961713	+ 1	1,001018	44	1,049005
— 44	0,962953	2	1,002042	46	1,051357
— 42	0,964239	3	1,003073	48	1,053713
— 40	0,965568	4	1,004109	50	1,056071
— 38	0,966941	5	1,005150	52	1,058431
— 36	0,968356	6	1,006198	54	1,060791
— 34	0,969813	7	1,007250	56	1,063152
— 32	0,971309	8	1,008309	58	1,065511
— 30	0,972846	9	1,009372	60	1,067868
— 29	0,973628	10	1,010441	62	1,070222
— 28	0,974421	11	1,011514	64	1,072572
— 27	0,975222	12	1,012593	66	1,074917

Je mehr dem absol. Alkohol Wasser beigemischt wird, desto mehr nimmt seine Ausdehnung ab. So ist z. B. für 50° C. das Volumen des absol. Alkohols = 1,056071, das des nicht ganz reinen Alkohols (wie Muncke bei früheren Beobachtungen gefunden hatte) = 1,054394 und das des Wassers = 1,011570.

Die Ausdehnung des Schwefeläthers wurde von Muncke von —21° C. bis + 40° C. bestimmt. Dies erscheint auffallend, weil der Siedepunkt des reinen Aethers schon bei + 35° C. liegt. Es beruht aber die Möglichkeit, die Versuche doch noch weiter fortzusetzen, auf dem merkwürdigen Umstande, daß der Aether, welcher in offenen Gefäßen wirklich bei 35° C. kochte und auch in der thermometerartigen Meßröhre, deren sich Muncke bediente, so lange er nur die Kugel, nicht aber die enge Röhre füllte, bei 35° kochte, erst bei 40°, ja bei 42° zum Kochen kam, wenn er sich in der engen Röhre 6 bis 10 Zoll hinauf erstreckte.

Diese Erscheinung hat nach Muncke ihren Grund darin, daß die Dämpfe im letztern Falle, indem sie sich unten entwickeln, nicht bloß den Druck der Atmosphäre, sondern auch noch den Widerstand zu überwinden haben, den die Adhäsion der Flüssigkeit ihrem Aufsteigen entgegensetzt. Der Punkt größter Dichtigkeit des Aethers fällt nach Berechnung mittelst der Formel nahe genau auf — 36° C.*). Dem entspricht die Bemerkung Fourcroy's und Vauquelin's, daß der Aether bei — 31° C. glänzende Blättchen absetzt, bei — 44° C. aber zu einer weißen krystallinischen Masse gerinnt. Die Tabelle ist folgende:

Volumen des Aethers von 0,734 specif. Gewicht bei 12°,5 C.

Temp.	beobachtet	berechnet	Temp.	beobachtet	berechnet
—21°	0,969642	0,971706	+15°	1,022636	1,022725
15	0,977700	0,978710	20	1,030310	1,030357
10	0,986895	0,985398	25	1,038070	1,038130
5	0,992121	0,992565	30	1,046674	1,046208
0	1,000000	1,000000	35	1,055043	1,054812
+ 5	1,007703	1,007553	40	1,063523	1,064230
10	1,015059	1,015136			

Ebenso ist von Muncke die Ausdehnung der Schwefelsäure von —30° bis + 230° C. beobachtet worden. Die nur aus den Resultaten zwischen 0° und 100° C. abgeleitete Formel giebt für alle Temperaturen zwischen — 100° C. und + 100° C. genauere Resultate, als eine aus allen Beobachtungen abgeleitete Formel, wohingegen diese letzte Formel für höhere Temperaturen brauchbarere Resultate giebt. Nach der aus den Beobachtungen zwischen 0° und 100° C. abgeleiteten Formel liegt der Punkt größter Dichtigkeit der Schwefelsäure bei — 39°,2. Hiermit stimmt überein, daß das zweite Schwefelsäurehydrat, dessen specif. Gewicht = 1,845 ist, nach Thomson in Thermometerkugeln bei — 38° C. gefriert. Die Ansicht der beiden Tabellen, welche Muncke nach beiden erwähnten Formeln berechnet, bestätigt das Gesagte.

Volumen der Schwefelsäure von 1,836 specif. Gewicht bei 12°,5 C.

1) Nach der Formel, welche aus Beobachtungen von 0° bis 100° C. abgeleitet ist. (Luftherm.)

Temp. C.	Berechnet	Beobachtet	Temp. C.	Berechnet	Beobachtet
— 30	0,98835759	0,98186243	110	1,06611761	1,06382361
— 20	0,99104416	0,98848625	120	1,07493039	1,06918854
— 10	0,99506140	0,99411959	130	1,08552953	1,07510566
0	1,00000000	1,00000000	140	1,09845742	1,08055395
10	1,00551862	1,00567401	150	1,11432442	1,08727137
20	1,01134391	1,01128108	160	1,13380888	1,09397396
30	1,01727050	1,01726336	170	1,15765713	1,10018820
40	1,02284444	1,02319476	180	1,18668346	1,10655921
50	1,02894595	1,02902128	190	1,22177017	1,11288223
60	1,03462395	1,03465294	200	1,26386750	1,11928861
70	1,04026153	1,04019751	210	1,31452158	1,12591284
80	1,04599319	1,04600879	220	1,37323501	1,13224643
90	1,05202145	1,05299768	230	1,44274559	1,13885767
100	1,05861677	1,05784947			

*) Pierre fand ein Dichtigkeitsmaximum nur beim Wasser und schreibt es einem Antheile an zurückgebliebenem Wasser zu, daß Muncke ein solches beim Aether (und Alkohol) gefunden habe. Ann. de chim. et de phys. T. XV. p. 325 ff.

2) Nach der Formel, welche aus Beobachtungen von 0° bis 230° C. abgeleitet ist. (Luftherm.)

Temp. C.	Berechnet	Beobachtet	Temp. C.	Berechnet	Beobachtet
— 30	0,98444724	0,98186245	80	1,14634497	1,04600879
— 25	0,98687121	0,98516516	85	1,04924380	1,04902662
— 20	0,98937250	0,98848625	90	1,05213505	1,05299768
— 15	0,99194328	0,99135488	95	1,05501922	1,05493246
— 10	0,99457611	0,99411959	100	1,05789719	1,05784947
— 5	0,99726392	0,99707687	105	1,06077020	1,06088253
0	1,00000000	1,00000000	110	1,06363987	1,06382361
5	1,00277803	1,00281920	115	1,06650821	1,06665414
10	1,00559208	1,00567401	120	1,06937760	1,06918854
15	1,00843659	1,00842484	125	1,07225080	1,07215479
20	1,01130638	1,01128108	130	1,07513096	1,07510566
25	1,01419663	1,01408097	135	1,07802158	1,07825436
30	1,01710293	1,01726336	140	1,08092592	1,08055395
35	1,02002123	1,02007593	150	1,08679708	1,08727137
40	1,02294785	1,02319476	160	1,09278126	1,09397396
45	1,02587807	1,02611664	170	1,09892386	1,10018820
50	1,02881327	1,02902128	180	1,10527572	1,10655921
55	1,03174663	1,03181878	190	1,11189372	1,11288223
60	1,03468742	1,03465294	200	1,11884079	1,11928861
65	1,03760386	1,03743377	210	1,12618593	1,12591284
70	1,04052455	1,04019751	220	1,13400417	1,13224643
75	1,04343847	1,04312375	230	1,14237660	1,13885767

Anmerk. Bei Temperaturen bis zu +100° C. kann man entweder die Tabelle 1) oder 2) anwenden, indem sie wenig von einander abweichen, doch hat die Tabelle 1) den Vorzug. Für höhere Temperaturen sind dagegen durchaus die berechneten Werthe der Tabelle 2) vorzuziehen.

Ferner untersuchte Muncke die Ausdehnung des rectificirten Steinöls (spec. Gewicht=0,78125 bei 12°,5 C.) und Mandelöls und giebt folgende Tabelle:

Temperatur	Steinöl		Mandelöl	
	beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
0° C.	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
5	1,004987	1,004993	1,003837	1,003831
10	1,010000	1,010073	1,007591	1,007479
15	1,015226	1,015225	1,011298	1,011247
20	1,020514	1,020436	1,014917	1,015036
25	1,025728	1,025647	1,018806	1,018846
30	1,031112	1,031001	1,022739	1,022680
35	1,036317	1,036342	1,026487	1,026537
40	1,041659	1,041722	1,030321	1,030419
45	1,047085	1,047140	1,034302	1,034315
50	1,052487	1,052653	1,038306	1,038255
55	1,058190	1,058117	1,042312	1,042210
60	1,063754	1,063694	1,046206	1,046188
65	1,069263	1,069347	1,050337	1,050194
70	1,075160	1,075093	1,054312	1,054214
75	1,081041	1,080951	1,058254	1,058259
80	1,086994	1,086943	1,062320	1,062337
85	1,092913	1,093094	1,066272	1,066407
90	1,099459	1,099434	1,070403	1,070505
95	1,106006	1,105992	1,074591	1,074618
100			1,078701	1,078742
105			1,082963	1,082866
110			1,087041	1,087015
115			1,091130	1,091158
120			1,095284	1,095300

Der Punkt der größten Dichtigkeit fällt nach der Formel für Steinöl nahe bei — 71° C.; für Mandelöl ergab sich kein solcher, dagegen aber ein Punkt der größten Ausdehnung bei 296°, und in der That beginnt auch die Zersetzung des Mandelöls bei 300° C.

Auch für Aetzammoniak, Salzsäure und Salpetersäure, welche Muncke ebenfalls untersuchte, fand sich kein Punkt größter Dichte, dagegen derjenige größter Ausdehnung für Aetzammoniak bei 74°,8 C., für Salzsäure bei 87° bis 88° C., für Salpetersäure bei 186°,3 C. Die Angaben der Ausdehnung dieser Flüssigkeiten enthalten folgende Tabellen:

Ammoniakflüssigkeit von 0,9465 specif. Gewicht bei 12°,5 C.

Temperatur	Volumen beobachtet	Volumen berechnet	Temperatur	Volumen beobachtet	Volumen berechnet
—15°C.	0,996107	0,996032	+20°	1,007140	1,007098
10	0,997280	0,997329	25	1,009374	1,009358
5	0,998602	0,998628	30	1,011734	1,011792
0	1,000000	1,000000	35	1,014247	1,014361
+ 5	1,001473	1,001500	40	1,016963	1,017010
10	1,003170	1,003170	45	1,019831	1,019670
15	1,005059	1,005032			

Salzsäure von 1,1978 specif. Gewicht bei 12°,5 C.

Temperatur	Volumen beobachtet	Volumen berechnet	Temperatur	Volumen beobachtet	Volumen berechnet
—20°C.	0,988414	0,987971	+15°	1,008377	1,008408
15	0,990999	0,991171	20	1,011282	1,011214
10	0,994039	0,994217	25	1,013994	1,014032
5	0,997046	0,997143	30	1,016830	1,016859
0	1,000000	1,000000	35	1,019605	1,019684
+ 5	1,002862	1,002820	40	1,022450	1,022487
10	1,005596	1,005616	45	1,025360	1,025244

Ueber 45° hinaus konnten die Messungen nicht fortgesetzt werden, da Gas in Bläschen sich zu entwickeln anfing.

Salpetersäure von 1,4405 specif. Gewicht.

Temperatur C.	Volumen beobachtet	Volumen berechnet	Temperatur C.	Volumen beobachtet	Volumen berechnet
—20°	0,980402	0,977628	+20°	1,021001	1,020992
15	0,984683	0,983476	25	1,026270	1,026248
10	0,989816	0,989127	30	1,031647	1,031554
5	0,995142	0,994623	35	1,036819	1,036925
0	1,000000	1,000000	40	1,042406	1,042377
+ 5	1,005346	1,005295	45	1,047951	1,047920
10	1,010547	1,010540	50	1,053517	1,053564
15	1,015668	1,015763	55	1,059257	1,059312

Temperatur C.	Volumen beobachtet	Volumen berechnet	Temperatur C.	Volumen beobachtet	Volumen berechnet
+60°	1,065273	1,065169	+90°	1,102399	1,102337
65	1,071107	1,071133	95	1,108868	1,108768
70	1,077111	1,077201	100	1,114885	1,115279
75	1,083166	1,083366	105	1,121866	1,121666
80	1,089732	1,089620	110	1,128644	1,128082
85	1,096007	1,095948	115	1,135479	1,134437

Endlich ist von Muncke noch die Ausdehnung des Schwefelkohlenstoffes untersucht worden, der sich im reinen Zustande leicht aufbewahren läßt, auch regelmäßig ausdehnt und daher zu Thermometern geeignet ist. Einen Punkt größter Dichte zeigte derselbe nach der aus 32 Messungen abgeleiteten Formel nicht; folgendes ist die nach der Formel berechnete Tafel:

Temperatur	Volumen	Temperatur	Volumen	Temperatur	Volumen
— 50°	0,947852	— 12°	0,986736	+ 30°	1,035347
— 48	0,949783	— 10	0,988913	32	1,037818
— 46	0,951729	— 8	0,991104	34	1,040304
— 44	0,953687	— 6	0,993307	36	1,042804
— 42	0,955656	— 4	0,995525	38	1,045319
— 40	0,957639	— 2	0,997755	40	1,047849
— 38	0,959634	0	1,000000	42	1,050394
— 36	0,961641	+ 2	1,002258	44	1,052954
— 34	0,963661	4	1,004530	46	1,055529
— 32	0,965694	6	1,006816	48	1,058119
— 30	0,967740	8	1,009116	50	1,060724
— 28	0,969799	10	1,011430	52	1,063344
— 26	0,971870	12	1,013757	54	1,065979
— 24	0,973954	14	1,016099	56	1,068630
— 22	0,976052	16	1,018455	58	1,071296
— 20	0,978162	18	1,020825	60	1,073977
— 18	0,980286	20	1,023209	62	1,076674
— 16	0,982423	22	1,025608	64	1,079387
— 14	0,984573	24	1,028021	66	1,082115
— 12	0,986736	26	1,030449	68	1,084858
— 10	0,988913	28	1,032890	70	1,087618

Wie schon oben bemerkt wurde, ist die Ausdehnung der Körper nicht genau proportional der Wärme, sondern nimmt zu, je mehr sich die Temperatur dem Grade nähert, bei welchem die Körper ihren Aggregatzustand ändern. Hierbei scheint der Schwefel im flüssigen Zustande eine Ausnahme durch sein abnormes Verhalten zu machen, wie Despretz*) gezeigt hat. Bei diesem Körper findet nämlich von seinem Schmelzpunkte (nach Mitscherlich bei 111°) an ein Abnehmen der Ausdehnung statt, so daß er sich durchschnittlich für 1° C.

von 110° bis 130° um 0,000622
" 110° " 150° " 0,000582
" 110° " 200° " 0,000454
" 110° " 250° " 0,000428

*) Pogg. Ann. Bd. XLVI. S. 134. Compt. rend. T. VII. p. 589.

seines Volumens ausdehnt. Muncke ist der Ansicht, daß auch andere Flüssigkeiten nach den Formeln, aus denen man ihre Ausdehnung berechnet, ein ähnliches Verhalten zeigen müßten, indem z. B. für Mandelöl das Maximum des Volumens bei 296° (Luftthermometer) für liquiden Ammoniak bei 74°,75 sich ergiebt, woraus folgt, daß diese Flüssigkeiten von diesen Punkten an sich weniger stark ausdehnen würden.

Die stärkste Ausdehnung scheinen die durch bedeutenden Druck aus Gasen dargestellten Flüssigkeiten zu zeigen, vielleicht weil die Spannkraft ihrer Dämpfe mit der Temperaturzunahme so bedeutend wächst. So soll nach Thilorier *) die flüssige Kohlensäure sogar stärker als die gasige sich ausdehnen, indem sich ihr Volumen von 0° bis 30° C. im Verhältniß von 20 : 29 vergrößert.

Die Untersuchungen über Ausdehnung der Flüssigkeiten beschäftigen auch noch jetzt vielfach die Physiker, insbesondere um die chemischen und physikalischen Eigenschaften derselben näher kennen zu lernen. So untersuchte Frankenheim **) behufs der Berechnung der Synaphie (Cohäsion) eine Anzahl Flüssigkeiten, deren Ausdehnung in folgender Tabelle angegeben ist, das Volumen bei 0° C. als Einheit genommen:

*) Pogg. Ann. Bd. XXXVI. S. 142.
**) Pogg. Ann. Bd. LXXII. S. 425.

t° C.	Terpentinöl specif. Gew. = 0,8902 bei 0° C.	Citronenöl 1ster Art, spec. Gew. = 0,8380	Citronenöl 2ter Art, spec. Gew. = 0,8661	Petroleum specif. Gewicht = 0,8467	Essigäther specif. Gewicht = 0,9051	Essigsäure specif. Gewicht = 1,0522	Ameisensäure specif. Gewicht = 1,1051	Chlorzinklösung sp. Gew. = 1,3632	Kalilösung specif. Gew. = 1,2738
5	1,004268	1,004359	1,004002	1,004532	1,005291	1,002525	1,002631	1,002750	1,002083
10	08599	08776	08107	09034	10763	05175	05398	05567	04208
15	12992	13251	12315	13805	16417	07950	08301	08449	06355
20	17447	17784	16626	18546	22252	10852	11340	11398	08531
25	21965	22375	21039	23357	28369	13880	14515	14412	10736
30	26545	27025	25555	28238	34467	17033	17827	17493	12969
35	31188	31732	30174	33189	40841	20311	21274	20639	15232
40	35893	36498	34896	38216	47408	23716	24857	23852	17522
45	40660	41321	39720	43300	54151	27246	28577	27130	19843
50	45490	46202	44647	48460	61075	30903	32432	30475	22192
55	50382	51142	49627	53690	67818	34685	36424	33885	24570
60	55837	56140	54810	58990	75468	38591	40552	37362	26976
65	60354	61195	60045	64359	82917	42624	44815	40904	29401
70	65483	66309	65383	69798	90587	46782	49215	44513	31876
75	70575	71480	70824	75307		51066	53750	48187	34369
80	75779	76710	76368	80886		55475	58422	51928	36891
85	81046	81998	82014	86535		60011	63230	55734	39442
90	88375	87344	87763	92254		64671	68174	59606	42022
95	91766	92748	93615	98042		69458	73254	63545	44631
100	97220	98210	99570	1,103900		74370	78470	67550	47268
105	1,102736	1,103730	1,105627	09828			83822	71520	
110	08315	09308	11787	15826			89310		
115	13956	14944	18049	21893					
120	19659	20638	24414	28030					
125	25425	26390							
130	31253	32201							
135	37144	38068							
140	43097								
145	49143								
150	55190								

Zu den sorgfältigsten und umfangreichsten neueren Arbeiten über Ausdehnung der Flüssigkeiten gehören unstreitig die von Isidore Pierre*). Dieser Physiker wurde zu seinen Untersuchungen zunächst durch den Mangel eines für niedrige Temperaturen brauchbaren Thermometers veranlaßt, welches mit dem Quecksilberthermometer vergleichbar und beim Gebrauch bequemer als das Luftthermometer wäre. Zu diesem Zwecke prüfte derselbe eine Anzahl Flüssigkeiten, die sich ohne große Schwierigkeit im reinen Zustande herstellen lassen, nämlich:

1) Methylbromür, 2) Aethyloxyd, 3) Aethylchlorür, 4) Aethyljodür, 5) Aethylbromür, 6) Methyljodür, 7) Holzgeist, 8) Alkohol, 9) Ameisenäther, 10) Holzgeistessigäther, 11) Schwefelkohlenstoff, 12) Wasser. Die Reihenfolge dieser Flüssigkeiten ist hier so gestellt, daß die voranstehenden eine vollkommnere Vergleichung mit dem Quecksilberthermometer gestatten, als die nachstehenden, und zwar für Temperaturen unter 0°; für Temperaturen über 0° hingegen ordnen sie sich bezüglich der Vergleichbarkeit so: 3, 1, 2, 5, 6, 4, 9, 10, 7, 8, 11, 12. Hiernach würde das Wasser die unbrauchbarste thermometrische Substanz sein, und fast ebenso unbrauchbar Schwefelkohlenstoff; überhaupt zeigte sich keine dieser Flüssigkeiten in dieser Hinsicht als ganz vorzüglich.

Uebrigens hat Pierre, der sich bei seinen Untersuchungen der gewöhnlichen bequemen Methode, Quecksilberthermometer und Thermometer mit der zu untersuchenden Flüssigkeit zu vergleichen, bediente, für beinahe alle Flüssigkeiten mehrere Beobachtungsreihen angestellt, welche vollständig hier wieder zu geben der Raum nicht füglich gestattet. Wir verweisen daher bezüglich der Einzelheiten den Leser auf Pierre's Abhandlung selbst und beschränken uns hier darauf, weiter unten die Formeln anzugeben, welche den Gang der Ausdehnung dieser Flüssigkeiten ausdrücken. Ueberdies ist von der Mehrzahl derselben in der nächstfolgenden Tabelle die Zusammenziehung angegeben, welche sie von ihrem Siedpunkte ab für je 5° Temperaturabnahme berechnet erleiden.

Für das Wasser konnte indeß dieser Physiker keine Formel auffinden, durch welche seine Beobachtungen genau dargestellt würden, die den Temperaturunterschied von — 13°,14 bis + 100° umfassen. Das Maximum der Dichtigkeit fiel nahe auf 3°,9, alle übrigen Flüssigkeiten aber zeigten kein Dichtigkeitsmaximum.

Am Schlusse seiner ersten Abhandlung bestätigt Pierre durch seine Beobachtungen die von Gay-Lussac**) gemachte interessante Bemerkung: „daß, wenn man von Alkohol und Schwefelkohlenstoff bei ihren Siedpunkten gleiche Volumina nimmt, diese Volumina unter sich gleich bleiben für die Temperaturen in gleichen Abständen von den respectiven Siedpunkten."

Hauptsächlich, um dieses Gesetz der sogenannten äquidistanten Punkte näher zu prüfen, stellte Pierre eine große Reihe Versuche an, deren Resultate wir, soweit derselbe sie in seiner zweiten und dritten Abhandlung gegeben, aus den Annal. de Ch. et de Ph. 3me Sér. T. XIX. p. 193 und T. XX. p. 5 entlehnt, in folgender Tabelle zusammenstellen. Das Volumen jeder Flüssigkeit bei ihrem Siedpunkte ist = 10000 gesetzt und die Temperatur des letzteren nebst dem dabei stattgefundenen Barometerstande beim Namen der Flüssigkeit angegeben.

---

*) Ann. de Chim. et de Phys. 3me Sér. T. XV. p. 325. T. XIX. p. 193. T. XX. p. 5. Compt. rend. T. XXIII.

**) Ann. de Chim. et de Phys. 2me Sér. T. II.

Temperaturabstand vom Siedpunkte	Alkohole: Methylalk. (66°,3 bei 759mm)	Amylalk. (131°,8 bei 751,26mm)	Aethylalk. (78°,3 bei 758mm)	Bromüre: Methylbr. (circa 13° b. 759mm)	Aethylbr. (40°,7 bei 757mm)	Jodüre: Methyliod. (43°,8 bei 750,2mm)	Aethyljod. (70° bei 751,7mm)	Acetate: essigs. Methyl. (59°,5 bei 761,2mm)	essigs. Aethyl. (74°,14 bei 766,5mm)	Butyrate: buttersaur. Methyl. (102°,1 bei 743,9mm)	buttersaur. Aethyl. (119° bei 746,5mm)
0°	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	9931	9932	9938	9926	9925	9934	9938	9923	9922	9924	9933
10	9863	9865	9878	9854	9853	9863	9875	9848	9846	9849	9865
15	9796	9800	9819	9784	9782	9796	9812	9775	9772	9777	9795
20	9732	9737	9761	9715	9713	9733	9752	9703	9700	9706	9724
25	9669	9676	9703	9647	9643	9672	9691	9633	9629	9636	9652
30	9608	9617	9646	9579	9580	9612	9632	9564	9559	9569	9583
35	9547	9559	9590	9509	9516	9552	9572	9497	9491	9503	9515
40	9488	9503	9536	9438	9452	9494	9514	9431	9424	9438	9446
45	9430	9448	9482		9389	9437	9456	9367	9359	9375	9378
50	9373	9394	9429		9327	9381	9401	9304	9295	9312	9313
55	9316	9342	9377		9265	9326	9346	9243	9233	9251	9248
60	9260	9292	9325		9204	9272	9293	9183	9172	9192	9185
65	9206	9241	9275		9148	9218	9239	9124	9112	9133	9124
70		9192	9225		9091	9163	9187	9065	9053	9075	9065
75		9145	9176			9108	9135	9010	8996	9017	9007
80		9098	9128				9084	8955	8940	8961	8950
85		9053	9081				9034	8899	8886	8905	8895
90		9009	9034				8984	8843	8833	8850	8840
95		8966	8989				8935	8788	8781	8795	8787
100		8924	8945				8887		8730	8741	8734
105		8882	8899						8681	8687	8682
110		8841	8856						8633	8633	8630
115		8801								8580	8579
120		8761								8526	8527
125		8722								8472	8476
130		8683								8418	8424
135		8644									8373
140		8606									
145		8568									
150											

Temperaturabstand vom Siedpunkte	Phosphorbromid (175°,3 bei 760,21mm)	Phosphorchlorid (78°,34 bei 751,5mm)	Arsenikchlorid (133°,81 b. 756,9mm)	Doppel-Chlorüre von Zinn (115°,4 bei 753,1mm)	Doppel-Chlorüre von Titan (136° bei 762,3mm)	Kieselbromür (153°,36 b. 762,5mm)	Kieselchlorür (59° bei 760,08mm)	Aethylchlorür (11° bei 758mm)	Holländische Flüssigkeit mit Brom (132°,6 bei 756,9mm)	Holländische Flüssigkeit mit Chlor (84°,92 bei 761,88mm)	Brom (63° bei 760,02mm)
0°	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	9951	9929	9943	9930	9942	9956	9913	9924	9941	9932	9939
10	9903	9860	9886	9860	9884	9909	9828	9845	9883	9866	9880
15	9855	9793	9830	9793	9827	9862	9748	9770	9827	9801	9821
20	9807	9726	9774	9727	9771	9817	9672	9698	9772	9738	9764
25	9760	9664	9720	9662	9715	9770	9596	9626	9718	9677	9708
30	9712	9603	9666	9597	9661	9724	9525	9556	9665	9616	9653
35	9667	9543	9612	9536	9606	9677	9457	9485	9613	9557	9599
40	9621	9484	9560	9475	9553	9627	9390	9419	9562	9499	9547
45	9575	9427	9508	9415	9500	9578	9326		9510	9442	9495
50	9530	9371	9456	9356	9448	9530	9264		9460	9386	9449
55	9485	9316	9405	9298	9396	9482	9203		9410	9331	9393
60	9441	9262	9355	9241	9347	9434	9144		9361	9277	9344
65	9397	9209	9305	9185	9297	9387	9085		9312	9223	9296
70	9353	9157	9256	9130	9247	9340	9027		9264	9171	9247
75	9310	9105	9208	9075	9198	9293	8969		9217	9119	
80	9267	9054	9160	9022	9150	9247	8912		9171	9068	
85	9224	9003	9113	8969	9103	9201	8854		9125	9017	
90	9182	8952	9066	8917	9056	9156	8796		9079	8967	
95	9141	8902	9019	8866	9010	9111	8737		9034	8917	
100	9100	8851	8974	8815	8965	9066			8990	8868	
105	9060	8801	8928	8765	8920	9022			8947	8818	
110	9019	8750	8883	8715	8876	8978			8904	8769	
115	8980	8698	8839	8666	8832	8934			8861		
120				8617	8789	8890					
125				8568	8747	8847					
130				8520	8705	8805					
135				8472	8664	8762					
140				8424	8623	8720					
145				8376	8583	8679					
150						8637					

Die Uebereinstimmung, welche in dem Gange der Zusammenziehung bei den ersteren Flüssigkeitsgruppen der Tabelle bis mit den Butyraten wahrzunehmen ist, läßt glauben, daß Compositionen homolog dem Methyl-Aethyl-Alkohol und wahrscheinlich auch dem Amyl-Alkohol von ihren respectiven Siedpunkten ab eine gleichmäßige Zusammenziehung erleiden. Diese Flüssigkeitsgruppen stellte Pierre in seiner zweiten Abhandlung zusammen. In der dritten verglich er einerseits je zwei Flüssigkeiten, die durch Composition eines einfachen beiden gemeinsamen Elementes mit einfachen isomorphen Körpern entstehen, nämlich:

Phosphorchlorid	Ph Cl^3	und	Phosphorbromid	Ph Br^3
"	"	"	Arsenikchlorid	As Cl^3
Doppel-Zinnchlorür	Sn Cl^2	"	Dopp.-Titanchlor.	Ti Cl^2
Kiesel-Chlorür	Si Cl	"	Kiesel-Bromür	Si Br.

Dies sind ziemlich die einzigen derartigen Verbindungen, welche sich ganz rein in Menge darstellen lassen. Andererseits verglich Pierre je zwei Flüssigkeiten, die durch Composition eines beiden gemeinsamen zusammengesetzten Elementes mit isomorphen Elementen entstehen. Unter den zahlreichen derartigen Gruppen wählte er folgende:

Aethylchlorür	Ch C^4H^5	und	Aethylbromür	Br C^4H^5
"	"	"	Aethyljodür	J C^4H^5
Aethylbromür	Br C^4H^5	"	"	"
Methylbromür	Br C^2H^3	"	Methyljodür	J C^2H^3
Holländische Flüssigkeit mit Chlor	$C^4H^4Cl^2$	"	Holländ. Flüssigkeit mit Brom	$C^4H^4Br^2$.

Diese Flüssigkeitsgruppen befolgen das Gesetz der äquidistanten Punkte nicht, sondern erhalten für Temperaturen, welche gleiche Entfernung von den respectiven Siedpunkten haben, verschiedene Volumina, deren Unterschied um so größer wird, je weiter man von den Siedpunkten zurückgeht.

Wir fügen schließlich noch die folgende von Hermann Kopp*) gegebene Tabelle hinzu, welcher denselben Gegenstand in einer sorgfältigen und ziemlich umfangreichen Arbeit behandelte. Auch in dieser Tabelle ist beim Namen der Flüssigkeit deren Siedpunktstemperatur angegeben, welche stets auf 760mm Barometerstand zu beziehen ist.

---

*) Pogg. Ann. Bd. LXXII. S. 1 u. 223.

Temperaturabstand vom Siedpunkte	Wasser HO (100°,0)	Holzgeist $C_2H_4O_2$ (65°,5)	Alkohol $C_4H_6O_2$ (78°,4)	Fuselalkohol $C_{10}H_{12}O_2$ (131°,1)	Aether C_4H_5O (34°,9)	Aldehyd $C_4H_4O_2$ (20°,8)	Aceton C_3H_3O (56°,3	Benzol $C_{12}H_6$ (80°,4)	Ameisensäure $C_2H_2O_4$ (105°,3)
0°	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	9963	9933	9933	9927	9915	9914	9920	9931	9942
10	9928	9869	9868	9857	9834	9830	9843	9864	9884
15	9894	9806	9805	9789	9754	9750	9767	9798	9828
20	9862	9745	9744	9723	9677	9673	9693	9733	9772
25	9832	9685	9686	9659	9602	9596	9621	9670	9718
30	9802	9627	9628	9598	9530		9551	9607	9664
35	9773	9571	9572	9538	9459		9482	9546	9612
40	9747	9515	9518	9480			9415	9486	9560
45	9723	9460	9465	9424			9350	9427	9509
50	9701	9406	9412	9370			9285	9369	9458
55	9679	9352	9361	9317			9222	9312	9409
60	9660	9299	9311	9266			9159	9255	9360
65	9643	9246	9262	9216				9200	9312
70	9627		9213	9168				9145	9264
75	9614		9165	9120				9091	9217
80	9603		9117	9074				9037	9170
85	9595			9029					9124
90	9589			8985					9079
95	9587			8942					9034
100	9588			8900					8989
105				8858					8944
110				8818					
115				8777					
120				8737					
125				8697					
130				8658					
135				8619					
140									
145									

Temperaturabstand vom Siedpunkte	Essigsäure $C_4H_4O_4$ (117°,3)	Buttersäure $C_8H_8O_4$ (157°,0	Ameisenholzäther $C_4H_4O_4$ (33°,4)	Ameisenäther $C_6H_6O_4$ (54°,9)	Essigholzäther $C_6H_6O_4$ (56°,3)	Essigäther $C_8H_8O_4$ (74°,3)	Butterholzäther $C_{10}H_{10}O_4$ (95°,9)	Butteräther $C_{12}H_{12}O_4$ (114°,8)	Valerianholzäther $C_{12}H_{12}O_4$ (116°,2)
0°	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	9935	9933	9922	9921	9923	9921	9922	9921	9926
10	9872	9867	9846	9845	9848	9843	9845	9845	9852
15	9810	9803	9773	9772	9774	9767	9770	9770	9781
20	9750	9739	9702	9701	9701	9694	9698	9697	9711
25	9690	9677	9632	9631	9631	9622	9626	9626	9642
30	9632	9616	9564	9564	9562	9552	9557	9556	9575
35	9576	9556	9497	9498	9495	9484	9489	9488	9509
40	9520	9497		9433	9429	9417	9423	9422	9445
45	9466	9439		9369	9365	9352	9358	9356	9381
50	9412	9382		9306	9303	9288	9295	9293	9320
55	9359	9326		9243	9243	9226	9234	9231	9259
60	9307	9271				9165	9173	9170	9202
65	9256	9217				9105	9114	9110	9141
70	9207	9164				9046	9056	9052	9084
75	9157	9112				8988	8999	8994	9028
80	9108	9060					8943	8938	8973
85	9059	9009					8889	8882	8919
90	9012	8959					8834	8828	8866
95	8964	8909					8782	8774	8814
100	8917	8860						8721	8763
105	8870	8812						8669	8712
110	8823	8765						8618	8663
115	8777	8718						8567	8614
120	8731	8671							
125		8625							
130		8579							
135		8534							
140		8489							
145		8445							
150		8401							
155		8357							
160		8313							

Zum Schlusse fügen wir noch eine Zusammenstellung von Formeln hinzu, welche das bei t^0 C. stattfindende Volumen einer Flüssigkeit ausdrücken, ihr Volumen bei $0^0 = 1$ gesetzt.

Aus den Ann. de Chim. et de Phys. 3me Sér. T. XV., XIX., XX. sind folgende von Pierre gegebene Formeln entlehnt:

Ethylalkohol:	$V_t = 1 + 0{,}001048630106063\ t + 0{,}000001750990620\ t^2 + 0{,}000000001345138\ t^3$
Methylalkohol: (Holzgeist)	$V_t = 1 + 0{,}001185569707407\ t + 0{,}000001564932615\ t^2 + 0{,}000000009111344\ t^3$
Schwefelkohlenstoff:	$V_t = 1 + 0{,}001139803833952\ t + 0{,}000001370651328\ t^2 + 0{,}000000019122546\ t^3$
Ethyloryd: (Aether)	$V_t = 1 + 0{,}001513244795619\ t + 0{,}000002359182881\ t^2 + 0{,}000000004005124\ t^3$
Ethylchlorür: (Chlorwasserstoffäther, leichter Salzäther)	$V_t = 1 + 0{,}0015745784234\ t + 0{,}0000028136581\ t^2 + 0{,}0000000156987\ t^3$
Ethylbromür: (Bromwasserstoffäther)	$V_t = 1 + 0{,}001337627678064\ t + 0{,}000001501348513\ t^2 + 0{,}000000016900026\ t^3$
Ethyljodür: (Jodwasserstoffäther)	$V_t = 1 + 0{,}001142251234512\ t + 0{,}00000196381134\ t^2 + 0{,}000000006206415\ t^3$
Methylbromür:	$V_t = 1 + 0{,}001415206168177\ t + 0{,}000003315281301\ t^2 + 0{,}000000113809010\ t^3$
Methyljodür:	$V_t = 1 + 0{,}001199590835123\ t + 0{,}000002163318353\ t^2 + 0{,}000000010051210\ t^3$
Ameisenäther:	$V_t = 1 + 0{,}001325204736811\ t + 0{,}000002862484865\ t^2 + 0{,}000000006618006\ t^3$
Essigsaur. Methyl: (Holzgeistessigäther)	$V_t = 1 + 0{,}001295954262601\ t + 0{,}000002909820130\ t^2 + 0{,}000000004256971\ t^3$
Amylalkohol: (Fuselalkohol)	von -15 bis $+80^0$: $V_t = 1 + 0{,}000890010672\ t + 0{,}000000657293250\ t^2 + 0{,}000000011845833\ t^3$ von $+80^0$ bis $+131^0{,}8$: $V_t = 1 + 0{,}000898853635\ t + 0{,}000000687446245\ t^2 + 0{,}000000010096172\ t^3$
Essigsaur. Ethyl: (Essigäther)	$V_t = 1 + 0{,}001258495886\ t + 0{,}000002956880447\ t^2 + 0{,}000000001492150\ t^3$
Buttersaur. Methyl: (Butterholzäther)	$V_t = 1 + 0{,}001239895926\ t + 0{,}000000626024909\ t^2 + 0{,}000000013065664\ t^3$
Buttersaur. Ethyl: (Butteräther)	bis gegen 90^0: $V_t = 1 + 0{,}001202792100 t + 0{,}000000722337 87 t^2 + 0{,}000000022634601\ t^3$ über 90^0: $V_t = 1 + 0{,}000632742605\ t + 0{,}000012763201629\ t^2 + 0{,}000000050278402\ t^3$
Phosphorchlorid:	$V_t = 1 + 0{,}001128618932\ t + 0{,}000000872880045\ t^2 + 0{,}000017923565\ t^3$
Phosphorbromid:	bis 100^0: $V_t = 1 + 0{,}000847204934\ t + 0{,}000000436718628\ t^2 + 0{,}000000002527555\ t^3$ über 100^0: $V_t = 1 + 0{,}000824268122\ t + 0{,}000000914309284\ t^2 + 0{,}000000000055001\ t^3$
Arsenikchlorid:	$V_t = 1 + 0{,}000979072746\ t + 0{,}000000966948200\ t^2$ $0{,}000000001777204\ t^3$
Doppel-Zinnchlorür:	$V_t = 1 + 0{,}001132800769\ t + 0{,}000000911710706\ t^2 + 0{,}000000007579789\ t^3$
Doppel-Titanchlorür:	$V_t = 1 + 0{,}000942569004\ t + 0{,}000001345791937\ t^2 + 0{,}000000000888044\ t^3$
Kiesel-Chlorür:	$V_t = 1 + 0{,}001294119069\ t + 0{,}000002184143631\ t^2 + 0{,}000000040864220\ t^3$
Kiesel-Bromür:	$V_t = 1 + 0{,}000952572440\ t + 0{,}000000756742\ t^2 + 0{,}000000000292074\ t^3$

Holländische Flüssigkeit mit Chlor: $V_t = 1 + 0{,}001118932379\,t + 0{,}000001046861382\,t^2 + 0{,}000000010341738\,t^3$

Holländ. Flüssigkeit mit Brom:
$V_\vartheta = 1 + 0{,}000952696190\,\vartheta + 0{,}000001316506838\,\vartheta^2 + 0{,}000000001062687\,\vartheta^3$
wo $\vartheta = t - 20^\circ{,}09$ und t zwischen $20^\circ{,}09$ und $100^\circ{,}16$
$V_\vartheta = 1 + 0{,}001016765988\,\vartheta - 0{,}000000102231770\,\vartheta^2 + 0{,}000000008788007\,\vartheta^3$
wo $\vartheta = t - 20^\circ{,}09$ und t zwischen $100^\circ{,}16$ und $132^\circ{,}6$

Brom: $V_t = 1 + 0{,}001038186255\,t + 0{,}000001711380853\,t^2 + 0{,}000000005447118\,t^3$

Aus Pogg. Ann. Bd. LXXII. sind folgende von Kopp gegebene Formeln:

Wasser: . . . .
zwischen 0° u. 25°: $V_t = 1 - 0{,}000061045\,t + 0{,}0000077183\,t^2 - 0{,}00000003734\,t^3$
" 25° u. 50°: $= 1 - 0{,}000065415\,t + 0{,}0000077587\,t^2 - 0{,}000000035408\,t^3$
" 50° u. 75°: $= 1 + 0{,}00005916\,t + 0{,}0000031849\,t^2 + 0{,}0000000072848\,t^3$
" 75° u. 100: $= 1 + 0{,}00008645\,t + 0{,}0000031892\,t^2 + 0{,}0000000024487\,t^3$

Holzgeist: (Methyloxydhydrat) $V_t = 1 + 0{,}00115435\,t - 0{,}00000028046\,t^2 + 0{,}00000007766\,t^3$

Alkohol: (Ethyloxydhydrat) $V_t = 1 + 0{,}00104139\,t + 0{,}0000007836\,t^2 + 0{,}00000017618\,t^3$

Fuselalkohol: (Amyloxydhydrat) $V_t = 1 + 0{,}00090692\,t + 0{,}00000035970\,t^2 + 0{,}00000013786\,t^3$

Aether: (Ethyloxyd) $V_t = 1 + 0{,}00148026\,t + 0{,}00000350316\,t^2 + 0{,}000000027007\,t^3$

Aldehyd: (Acetyloxydhydrat) $V_t = 1 + 0{,}0015464\,t + 0{,}0000069745\,t^2$

Aceton: (Essiggeist) $V_t = 1 + 0{,}00134810\,t + 0{,}0000026090\,t^2 + 0{,}0000000115592\,t^3$

Benzol: $V_t = 1 + 0{,}00117626\,t + 0{,}00000127755\,t^2 + 0{,}0000000080648\,t^3$

Ameisensäure: $V_t = 1 + 0{,}00099269\,t + 0{,}00000062514\,t^2 + 0{,}0000000059650\,t^3$

Essigsäure: $V_t = 1 + 0{,}00105703\,t + 0{,}00000018323\,t^2 + 0{,}0000000096435\,t^3$

Buttersäure: $V_t = 1 + 0{,}0010461\,t + 0{,}00000056244\,t^2 + 0{,}0000000054201\,t^3$

Ameisenholzäther: (ameisens. Methyloxyd) $V_t = 1 + 0{,}0014055\,t + 0{,}0000017131\,t^2 + 0{,}000000045947\,t^3$

Ameisenäther: (ameisens. Ethyloxyd) $V_t = 1 + 0{,}00136446\,t + 0{,}00000013538\,t^2 + 0{,}000000039248\,t^3$

Essigholzäther: (essigs. Methyloxyd) $V_t = 1 + 0{,}0012779\,t + 0{,}0000039471\,t^2 - 0{,}000000003639\,t^3$

Essigäther: (essigsaur. Ethyloxyd) $V_t = 1 + 0{,}0012738\,t + 0{,}0000021914\,t^2 + 0{,}000000011797\,t^3$

Butterholzäther: (butters. Methyloxyd) $V_t = 1 + 0{,}00119565\,t + 0{,}0000018103\,t^2 + 0{,}0000000098292\,t^3$

Butteräther: (butters. Ethyloxyd) $V_t = 1 + 0{,}00117817\,t + 0{,}0000013093\,t^2 + 0{,}000000009560\,t^3$

Valerianholzäther: (valerians. Methyloxyd) $V_t = 1 + 0{,}00112115\,t + 0{,}0000017044\,t^2 + 0{,}0000000058627\,t^3$

Frankenheim giebt in Pogg. Ann. Bd. LXXII. folgende Formeln:

Terpentinöl: spec. Gew. 0,8902 bei 0° C. $V_t = 1 + 0{,}0008474\,t + 0{,}000001248\,t^2$

Citronenöl: erster Art, sp. G. 0,8380 bei 0° C. $V_t = 1 + 0{,}0008660\,t + 0{,}000001161\,t^2$

Citronenöl zweiter Art: $V_t = 1 + 0{,}0007902\,t + 0{,}000002053\,t^2$
spec. Gew. 0,8661 bei 0° C.
Petroleum (Steinöl): $V_t = 1 + 0{,}0008994\,t + 0{,}000001396\,t^2$
spec. Gew. 0,8467 bei 0° C.
Essigäther: $V_t = 1 + 0{,}001040\,t + 0{,}00000363\,t^2$
spec. Gew. 0,9051 bei 0° C.
Essigsäure: $V_t = 1 + 0{,}0004924\,t + 0{,}00000513\,t^2$
spec. Gew. 1,0522
Ameisensäure: $V_t = 1 + 0{,}0005126\,t + 0{,}000002721\,t^2$ (annähernd)
spec. Gew. 1,1051
Chlorzinklösung: $V_t = 1 + 0{,}0005435\,t + 0{,}000001320\,t^2$
spec. Gew. 1,3632
Kalilösung: $V_t = 1 + 0{,}0004150\,t + 0{,}000000577\,t^2$
spec. Gew. 1,2738

Folgende Formeln giebt Muncke in Gehler's phys. Lex. Bd. X., die erste jedoch, für das Wasser, ist von Hällström nach Muncke's, Stampfer's und seinen eignen Messungen berechnet:

Wasser: . . . . zwischen 0° u. 30°: $V_t = 1 - 0{,}000057577\,t + 0{,}0000075601\,t^2 - 0{,}000000035091\,t^3$
" 30° u. 100: $V_t = 1 - 0{,}0000094178\,t + 0{,}00000533661\,t^2 - 0{,}0000000104086\,t^3$

Seewasser: $V_t = 1 + 0{,}00005769938\,t + 0{,}0000050963886\,t^2 - 0{,}000000018733\,t^3 + 0{,}00000000006178\,t^4$

Alkohol: nicht absoluter, dessen specif. Gew. = 0,808 bei 12°,5 C.
$V_t = 1 + 0{,}000989666\,t + 0{,}00000303489\,t^2 - 0{,}0000000395924\,t^3 + 0{,}00000000036364\,t^4$
absoluter, dessen specif. Gew. = 0,8062 bei 0° C.
$V_t = 1 + 0{,}0010151148\,t + 0{,}0000030884\,t^2 - 0{,}0000000192458\,t^3$

Schwefeläther von 0,733 specif. Gew. bei 12°,5 C.:
$V_t = 1 + 0{,}00150268\,t + 0{,}00000255214\,t^2 - 0{,}00000015783\,t^3 + 0{,}000000004166\,t^4$

Steinöl: $V_t = 1 + 0{,}000988558\,t + 0{,}00000212046\,t^2 - 0{,}00000002676399\,t^3 + 0{,}0000000001950677\,t^4$

Liquider Ammoniak von 0,9465 spec. Gew. bei 12°,5 C., hinlänglich genaue Formel:
$V_t = 1 + 0{,}000285586\,t + 0{,}0000026002\,t^2 + 0{,}0000000641634\,t^3 - 0{,}000000001046984\,t^4$

Salzsäure von 1,1978 specif. Gew. bei 12°,5 C.:
$V_t = 1 + 0{,}000566237\,t - 0{,}000000829489\,t^2 + 0{,}0000000370847\,t^3 - 0{,}000000000472156\,t^4$

Salpetersäure von 1,4405 specif. Gew. bei 12°,5 C.:
$V_t = 1 + 0{,}0010661285\,t - 0{,}000001646108\,t^2 + 0{,}00000004489136\,t^3 - 0{,}000000000198241\,t^4$

Concentrirte Schwefelsäure von 1,836 specif. Gew. bei 12°,5 C. nach 37 Beobachtungen zwischen 5° bis 230°:
$V_t = 1 + 0{,}00055161558\,t + 0{,}00000083851987\,t^2 - 0{,}000000008171231\,t^3 + 0{,}00000000002521671\,t^4$
dieselbe nach 20 Beobachtungen zwischen 5° und 100°:
$V_t = 1 + 0{,}0005279835\,t + 0{,}00000287180238\,t^2 - 0{,}0000000512240355\,t^3 + 0{,}00000000028324437\,t^4$

Schwefelkohlenstoff: $V_t = 1 + 0{,}001125690639\,t + 0{,}000001715049\,t^2 - 0{,}00000000121166\,t^3$

Mandelöl (käufliches): $V_t = 1 + 0{,}0007445475\,t + 0{,}0000003134379\,t^2 + 0{,}000000002750899\,t^3 - 0{,}00000000001597507\,t^4$

Olivenöl, von Erman für die Glasausdehnung nach Dulong und Petit corrigirte Formel:
$V_t = 1 + 0{,}0007361262\,t + 0{,}0000003202882\,t^2 + 0{,}000000004970025\,t^3$

Formeln nach älteren Beobachtungen, aus Muncke's Abhandlung in Gehl. phys. Lex. Bd. I. S. 610 entlehnt, sind folgende, bei denen DT die Grade eines mit irgend einer Flüssigkeit gefüllten Thermometers, t' die des Quecksilberthermometers mit 80theiliger Scala bedeuten, aus denen die Formeln für Centesimalgrade leicht gefunden werden können, sobald man 0,8 t statt t' setzt.

Für Wasser giebt Biot nach de Luc's Versuchen:

$$DT = -0{,}16\,t' + 0{,}0185\,t'^2 - 0{,}00005\,t'^3$$

woraus die für die Glasausdehnung corrigirte absolute Ausdehnung des Wassers:

$$\delta t' = -0{,}000054878\,t + 0{,}0000101395\,t'^2 - 0{,}00000002708\,t'^3$$

Nach Untersuchungen von Charles erhält Biot die absolute Ausdehnung:

$$\delta t' = -0{,}00006207\,t' + 0{,}0000101927\,t'^2 - 0{,}000000036028\,t'^3$$

Ekstrand erhält nach de Luc und Gilpin:

$$DT = -0{,}1888\,t' + 0{,}02255\,t'^2 - 0{,}00015833\,t'^3 + 0{,}000000777\,t'^4$$

Nach Paucker, welcher sämmtliche Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete, ist:

$$DT = -0{,}10718396\,t' + 0{,}0168720652\,t'^2 - 0{,}000038161648\,t'^3$$

$$\delta t' = -0{,}00002592227\,t' + 0{,}000009247969\,t'^2 - 0{,}00000002061788\,t'^3$$

welche letztere Formel das Dichtigkeitsmaximum des Wassers bei nur $1^0{,}4081$ R = 1,7602 C. angiebt. Nach den Versuchen von Charles findet dagegen Paucker das Maximum bei $4^0{,}8892$ R. aus:

$$\delta t' = -0{,}00006695349\,t' + 0{,}00001054956\,t'^2 - 0{,}0000004821635\,t'^3.$$

Aehnlich wie Paucker berechnet Hällström nach seinen Messungen:

$$\delta t' = +0{,}00006617375\,t' - 0{,}00000816525\,t'^2 + 0{,}0000000180625\,t'^3.$$

Für rectificirten Alkohol berechnet Biot nach de Luc diese Formel:

$$DT = 0{,}784\,t' + 0{,}00208\,t'^2 + 0{,}00000775\,t'^3,$$

hiernach die absolute Ausdehnung:

$$\delta t' = 0{,}00123369\,t' + 0{,}00000322537\,t'^2 + 0{,}00000001198\,t'^3.$$

Paucker berechnet für den von de Luc gebrauchten Alkohol:

$$DT = 0{,}77655803\,t' + 0{,}002309379\,t'^2 + 0{,}0000006072272\,t'^3.$$

Für Alkohol mit Wasser zu gleichen Theilen vermischt giebt Biot nach de Luc:

$$DT = 0{,}705333\,t' + 0{,}00275\,t'^2 + 0{,}000011667\,t'^3$$

und für eine Mischung von 1 Th. Alkohol mit 3 Th. Wasser:

$$DT = 0{,}010333\,t' + 0{,}0155277\,t'^2 - 0{,}000039444\,t'^3.$$

Von Biot wurden ferner nach de Luc's Versuchen berechnet:
für gesättigte Salzsole: $DT = 0{,}820006\,t' + 0{,}0020275\,t'^2 + 0{,}000002775\,t'^3$;
für Kamillenöl: $DT = 0{,}9204416\,t' + 0{,}0013056\,t'^2 - 0{,}000003889\,t'^3$;
für Serpoletöl: $DT = 0{,}949336\,t' - 0{,}0001667\,t'^2 + 0{,}00001\,t'^3$;
für Olivenöl: $DT = 0{,}950667\,t' + 0{,}00075\,t'^2 - 0{,}000001667\,t'^3$;
für dasselbe Oel endlich berechnete Paucker:

$$DT = 0{,}95713302\,t' + 0{,}0005221126\,t'^2 - 0{,}000000091202\,t'^3.$$

Da die Flüssigkeiten sich der Wärme so wenig proportional ausdehnen, daß man genöthigt ist, die Ausdehnung einer jeden einzeln in Tabellen oder mittelst Formeln anzugeben, so kann von einem einfachen Ausdehnungscoefficienten für dieselben in dem Sinne wie bei den festen Körpern auch nicht die Rede sein. Man unterscheidet daher hier den Coefficienten der mittleren und den der wahren Ausdehnung. Unter dem ersteren versteht man die Angabe, um den wie vielsten Theil ihres Volumens sich eine Flüssigkeit für 1^0 Wärme ausdehnen würde, wenn die Ausdehnung bis zu einem bestimmten Grad t^0 gleichförmig wäre. Daher findet man diesen Coefficienten, indem man den Zuwachs des Volumens durch die Anzahl der Wärmegrade (den Wärmezuwachs) dividirt, er ist das Verhältniß der ganzen bis t^0 stattgehabten räumlichen Ausdehnung zu diesen t Graden, so daß, wenn 1 das Volumen bei 0^0 und V_t das bei t^0 ist, der

$$\text{Coefficient der mittleren Ausdehnung von } 0^0 \text{ bis } t^0 = \frac{V_t - 1}{t}$$

wird, wobei man statt von 0° auch von einer andern Temperatur τ ausgehn könnte, welcher das Volumen V_τ entspricht, und dann zu schreiben hätte: $\frac{V_t - V_\tau}{t - \tau}$.

Der wahre Ausdehnungscoefficient aber bezieht sich nur auf eine bestimmte Temperatur t°, und giebt an, in welchem Verhältnisse gerade bei dieser Temperatur die räumliche Ausdehnung zu der ihr entsprechenden Wärmezunahme steht. Man findet daher denselben, indem man die Formel, welche die Größe V_t des Volumens der Flüssigkeit bei t° angiebt, nämlich:

$$V_t = 1 + at + bt^2 + ct^3 + \dots$$

nach t differentiirt, u. hat somit den Coefficienten der wahren Ausdehnung bei $t^0 = \frac{dV_t}{dt} = a + 2bt + 3ct^2 + \dots$.

Die Ausdehnung der expansiblen Flüssigkeiten durch die Wärme hat man schon vor längerer Zeit beobachtet, man ist indeß auch jetzt noch nicht zu einem ganz entscheidenden Resultate gelangt.

Die ersten Beobachtungen über Ausdehnung der Luft stellte Amontons *) an, und machte die Bemerkung, daß sich dieselbe zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte des Wassers um 0,380 ausdehne, ihr Volumen bei 0° = 1° gesetzt. Die folgenden Beobachtungen stimmten jedoch keineswegs hiermit überein und Priestley **) fand sogar die Ausdehnung der Luft zwischen den genannten Grenzen = 0,9378, ein Resultat, welches selbst durch Morveau und Duvernois ***) bestätigt wurde.

Auffallend genaue Resultate gab eine von der astronomischen Strahlenbrechung hergenommene Bestimmung der Ausdehnung der Luft durch die Wärme. Tobias Mayer †) fand nämlich, daß die lichtbrechende Kraft der Luft durch eine Wärmezunahme von 10° R. um $^1/_{22}$ abnehme, woraus die Ausdehnung der Luft zwischen den beiden festen Punkten des Thermometers = 0,3656 sein würde, was mit den Resultaten der neuesten Untersuchungen fast ganz übereinstimmt.

Ziemlich sorgfältige Versuche stellte der Obercaplan Luz ††) in Gunzenhausen an. Er bediente sich einer genau calibrirten Röhre mit angeblasener Kugel, deren Inhalt er durch Abwiegen mit Quecksilber scharf bestimmte, und die er mit Quecksilber auskochte, um die etwa anhängende Feuchtigkeit wegzuschaffen. Dann füllte er den Apparat mit der zu messenden Luft, sperrte diese durch etwas Quecksilber, senkte Kugel und Röhre bis an das sperrende Quecksilber in Eis, und maß dann die Ausdehnung von 10° zu 10° R., wobei er, das Volumen der Luft bei 0° als Einheit genommen, diese Resultate erhielt:

---

*) Mém. de Paris 1699. 1702 u. 1703 p. 200.

**) Exper. and Observ. T. V. Sect. 32, T. VII. Sect. 6.

***) Ann. de Chim. T. I. p. 256. Gren's Journ. Bd. I. S. 293.

†) J. T. Mayer de refractionibus astron. Altd. 1781. Montucla Histoire des Math. T. IV. p. 135. Kramp Analyse des refract. astron. p. 14.

††) Vollständige Beschreibung aller Barometer ꝛc. Nürnberg 1784. S. 416.

Temperatur	mit Salzen getrocknete Luft	Differenz	gemeine Luft v. 50° Sauss. Hygromet.	Differenz	ganz feuchte Luft	Differenz
		0,0470		0,0490		0,0480
10° R.	1,0470		1,0490		1,0480	
		0,0495		0,0535		0,0630
20	1,0965		1,1025		1,1110	
		0,0463		0,0555		0,0840
30	1,1528		1,1580		1,1950	
		0,0472		0,0470		0,0955
40	1,1900		1,2050		1,2905	
		0,0480		0,0470		0,0825
50	1,2380		1,2520		1,3730	
		0,0480		0,0470		
60	1,2860		1,2990			
		0,0460		0,0450		
70	1,3320		1,3440			
		0,0455		0,0395		
80	1,3775		1,3835			

Als ganz zuverlässig galten bis auf die neuere Zeit die von Gay-Lussac aufgefundenen Resultate, da dieser Physiker seine Untersuchungen mit großer Umsicht und Sorgfalt anstellte. Es dürfte daher von Interesse sein, das Verfahren Gay-Lussac's, wie es Biot *) beschreibt, hier ausführlich mitzutheilen.

Um die Ausdehnung gasförmiger Substanzen mit Schärfe zu messen, muß man zuvörderst eine bekannte Quantität derselben in Röhren einschließen, die auf's Genaueste nach Theilen von gleicher Capacität graduirt sind, und sich in Kugeln endigen, die im Verhältniß zum Durchmesser der Röhre ein bedeutendes Volumen haben. In diesen Röhren nun hat man sie unter einem bekannten Druck zu erhalten, sie verschiedenen Temperaturen auszusetzen, und zu beobachten, um wie viel sie sich dabei ausdehnen oder zusammenziehen; mit einem Worte, man hat ein wahres Gasthermometer zu verfertigen. Zur Genauigkeit dieser Operation sind nun aber verschiedene Vorsichtsmaßregeln unerläßlich.

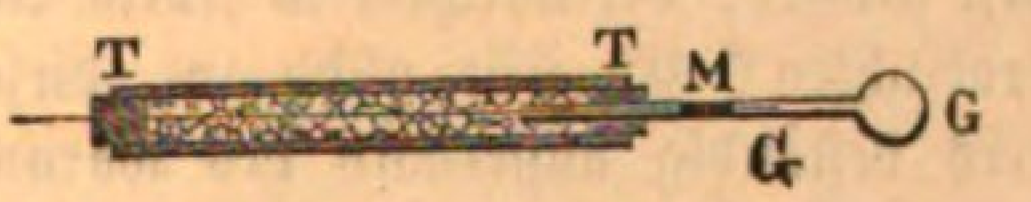
Was zuvörderst die Gradeintheilung der Röhren betrifft, so bedient man sich dazu einer von Gay-Lussac angegebenen (unter d. Art. Thermometer nachzusehenden) Verfahrungsart. Um die Capacität der Kugel, sowie die der Röhre kennen zu lernen, füllt man sie nach einander mit Quecksilber an, und bestimmt nach der Gewichtszunahme, die sie dabei erhalten, und die man durch die Wage mißt, das Volumen, das sie zu fassen vermögen, indem man weiß, daß ein Cubikmillimeter Quecksilber (0,087113 Cubiklinien) bei einer Temperatur von Null Grad 13,59719 Milligramme (beinahe 1/4 Gran) wiegt. Es ist ferner erforderlich, die Röhren, bevor man die Gase darin einschließt, vollkommen auszutrocknen; denn, wie schon erwähnt, legt sich inwendig an die Glasröhren, welche offen der freien Luft ausgesetzt sind, eine kleine unsichtbare Schicht Feuchtigkeit an, welche die Wärme in Dampfgestalt davon losreißt. Entfernt man nun diese dünne

*) Traité T. I. p. 182.

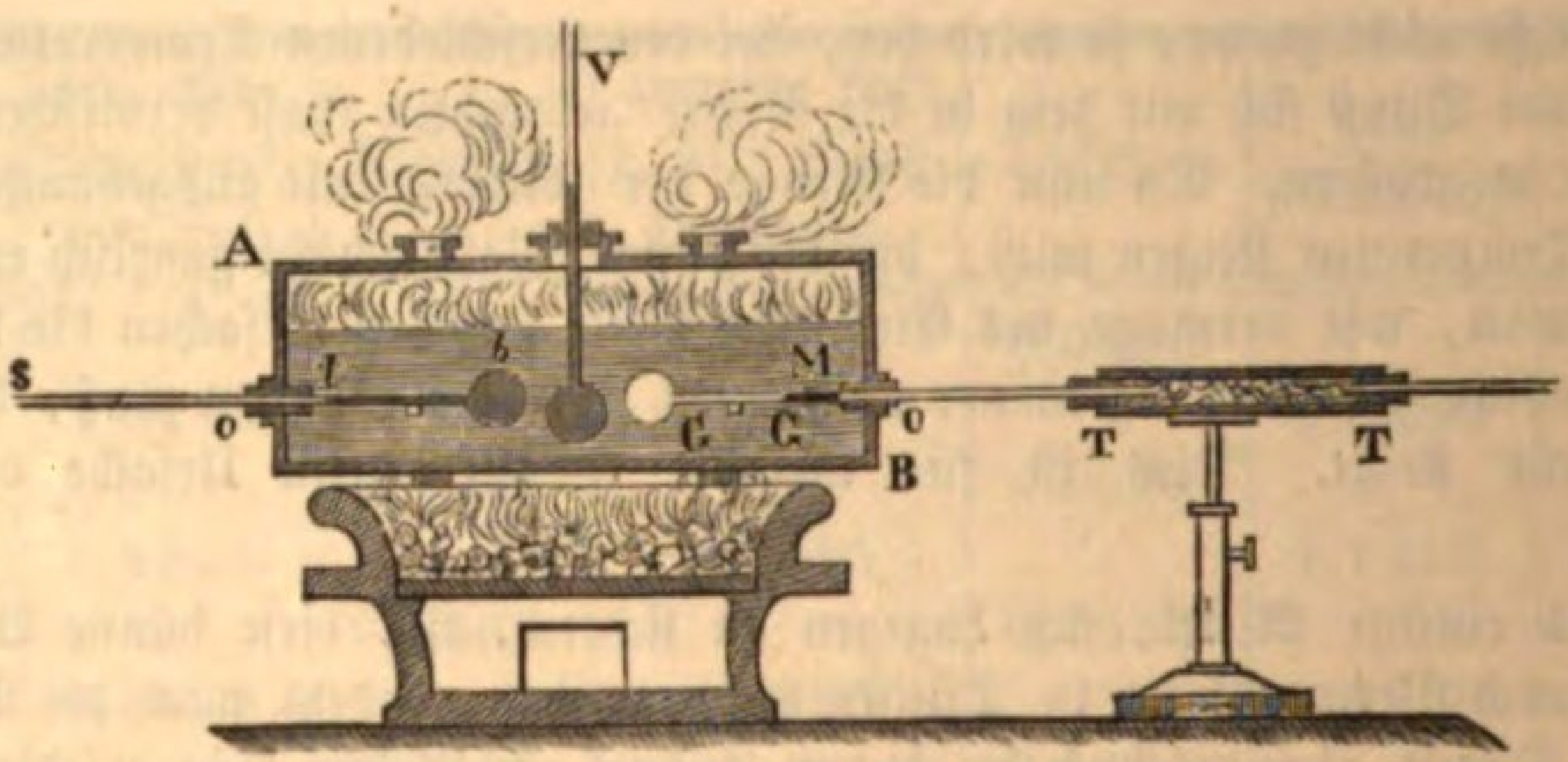
Wasserschicht nicht zuvor, so wird der, bei den verschiedenen Temperaturen daraus sich bildende Dunst sich mit dem in die Röhre gebrachten Gase vermischen und sein Volumen vergrößern. Da nun die Menge der solchergestalt ausgehauchten Dünste mit der Temperatur steigen muß, bis die dünne Wasserschicht gänzlich erschöpft ist, so sieht man, wie vermöge des Einflusses dieser fremden Ursachen die der Gasart eigenthümliche Ausdehnung immer noch einen Zuwachs erhalten muß, der mit der Temperatur steigt. Dies ist für mehrere Physiker eine Ursache der Irrung gewesen.

Das einzige Mittel, sich dagegen zu sichern, ist, diese dünne Wasserschicht vorher durch Verwandlung in Dünste zu vertreiben, indem man die Röhre stark erhitzt. Damit aber die Luft bei freiem Zutritt zur Röhre nicht wieder Feuchtigkeit mit sich in dieselbe hineinbringe, muß man die Röhre mit Quecksilber füllen und dieses darin, wie in einem Thermometer, sieden lassen. Mag nun, was wohl bemerkt zu werden verdient, dieses Sieden die am Glas hängende Wasserschicht ganz oder nicht ganz verjagt haben, wenigstens wird nichts mehr davon ausgehaucht werden können, wenn die Röhre geringern Temperaturen ausgesetzt wird, als die ist, bei welcher das Qecksilber siedet. Dies ist die erste Vorsichtsmaßregel, die Gay-Lussac nahm.

Um nun in die Röhre nichts, als trockne atmosphärische oder andere Gasarten einzubringen, kittet er an ihr offenes Ende eine andere, weitere Röhre TT, welche sich als eine Art Recipient, das Gas zu fassen, betrachten läßt. Diese Röhre ist zum Theil mit Stücken Chlorcalcium oder eines andern, die Feuchtigkeit einsaugenden Salzes gefüllt. Man kann sie sogar vorher luftleer machen, damit sich das eingebrachte Gas mit keiner atmosphärischen Luft vermischen könne. Um nun eine gewisse Quantität in die Röhre TG einzubringen, bedient sich Hr. Gay-Lussac eines kleinen, ganz feinen, schon zuvor in diese Röhre gebrachten Eisendrahts. Er neigt die Röhre oder kehrt sie vertical um, und läßt so eine große Menge des darin enthaltenen Quecksilbers ausfließen, dessen Stelle durch ein gewisses Volumen Gas, GG, eingenommen wird. Unter Beobachtung einiger Vorsicht bringt man es so weit, daß in der Röhre nur noch eine kleine Quecksilbersäule M bleibt, die als Kolben dient; der ganze Raum GG aber, von M bis zur Kugel der Röhre, ist mit dem hineingebrachten trocknen Gas angefüllt. Operirt man mit atmosphärischer Luft, so hat man nicht nöthig, den Recipienten TT luftleer zu machen; man braucht nur die Luft einige Zeit darin über den Salzen stehen zu lassen, worauf man sie auf die angezeigte Art in die Röhre TG einbringt.



Nach Einbringung des Gases hat man dasselbe nur noch successiv verschiedenen Temperaturen auszusetzen. Zu diesem Zweck bedient sich Gay-Lussac eines metallenen Gefäßes AB, in Gestalt eines Parallelepipedums, dessen Boden über einem Ofen von derselben Größe steht. Man gießt Wasser in dieses Gefäß und erhitzt es bis zu verschiedenen Graden. Ein Thermometer V, welches vertical in dieses Wasser taucht und mit seiner Röhre über den Deckel des Gefäßes hinausragt, dient zu einer ungefähren Angabe seiner Temperatur, damit man wisse, ob man das Feuer zu verstärken oder zu schwächen habe.



Keineswegs aber darf die das Gas enthaltende Röhre TG auf dieselbe Art in das Wasser tauchen; denn die Erfahrung hat uns gelehrt, daß die verschiedenen Horizontalschichten einer von unten erhitzten Flüssigkeit nicht dieselben Temperaturgrade haben. Um demnach genau zu wissen, welchem Grade sich das Gas ausgesetzt befinde, muß man die Röhre, worin es enthalten ist, in eine horizontale Lage bringen, wie die Figur darstellt, wo man dann die Anzeige ihrer Temperatur in aller Schärfe durch ein genaues Thermometer bts erhält, das jener Röhre gegenüber in derselben Schicht, gleichfalls horizontal, angebracht ist.

Allein unserer Voraussetzung zufolge war das Gefäß von Metall. Wie ist es nun möglich, durch seine Wände hindurch die Grade des Thermometers bts und den veränderlichen Punkt G der graduirten Röhre, bei welchem in jedem Augenblicke das Gasvolumen stehen bleibt, zu beobachten? Es geht nicht an, diesen Punkt G und die Röhre ts des Thermometers beständig außerhalb des warmen Wasserbades zu erhalten, weil sie dann nicht mehr die Temperatur desselben haben und somit Irrungen in der Beobachtung veranlassen würden. Keinen Nachtheil jedoch kann es bringen, die Röhren von Zeit zu Zeit während des kurzen Zeitraums, der zu ihrer Beobachtung erforderlich ist, herauszuziehen, was Gay-Lussac auf eine ganz einfache Weise bewerkstelligt. Die Mündungen OO, durch welche die Röhren in das Gefäß eintreten, werden mit Korkstöpseln verschlossen, welche in der Mitte eine Oeffnung haben, durch die sich die Röhren mit Reibung hin und zurück schieben lassen. Will man nun den Zustand des Gases GG beobachten, so zieht man die Röhre TG so weit heraus, daß das Ende M der kleinen Quecksilbersäule an der Mündung O zum Vorschein kommt, wo man dann sieht, bei welchem Punkte der Eintheilung es steht, und hierdurch erfährt, welches Volumen das Gas in diesem Augenblicke hat. Will man nun auch das Thermometer beobachten, so zieht man seine Röhre gleichfalls heraus, bis das Ende t der Quecksilbersäule an der Mündung O vortritt; der Grad des Thermometers, welchem es entspricht, wird für den nämlichen Augenblick die Temperatur der Horizontalschicht anzeigen, in welcher sich das Gas befindet.

So erfährt man in jedem Augenblick die Temperatur dieses Gases auf das Genaueste. Bringt man also erst Wasser von 0 Grad in das Gefäß und erhöht dann stufenweise die Temperatur desselben bis zum Sieden, oder bringt man es umgekehrt vom Siedepunkte bis zum Frostpunkte herab, so wird man ganz scharfe Vergleichungen zwischen den Veränderungen im Gasvolumen und dem Thermometerstande anstellen können, d. h. man wird in jedem Augenblicke durch die, auf beiden Röhren verzeichneten, Eintheilungen das scheinbare Volumen des Queck-

silbers, sowie das des Gases erfahren können. Zieht man von diesen gefundenen Größen die Größe der Ausdehnung ab, welche für das Glas, aus dem die Röhren bestehen, in Betracht kommt, so wird man die absoluten Volumina erhalten. Wenn endlich der Luftdruck während des Laufs der Versuche Abänderungen erlitten hat, was gewöhnlich der Fall ist, so bringt man dieserhalb Correctionen nach dem Mariotte'schen Gesetze an. Auf solche Weise erfährt man ganz genau, welches Volumen die nämliche Masse Gas bei verschiedenen Temperaturen, unter Voraussetzung eines sich gleichbleibenden Luftdrucks, z. B. von $0^m,76$, eingenommen haben würde, und man hat dann diese Volumina nur noch unter einander zu vergleichen, um zu wissen, ob die Ausdehnung gleichförmig oder ungleichförmig erfolgt; denn im ersten Fall werden die successiven Zunahmen des nämlichen Volumens den Temperaturzunahmen, welche das Gas erfuhr, proportional sein, eine Proportionalität, die nicht statt haben wird, wenn die Ausdehnung in wachsendem oder abnehmendem Grade erfolgt. Dieser Versuch, auf die beschriebene Weise und mit allen angegebenen Vorsichtsmaßregeln angestellt, und sowohl mit atmosphärischer Luft als andern Gasarten in möglichst trocknem Zustande häufig wiederholt, führte Gay-Lussac zu dem folgenden Resultate:

„Alle bleibenden Gasarten, wenn sie gleicher Temperatur und gleichem Drucke ausgesetzt werden, dehnen sich um gleich viel aus, und zwar zwischen den beiden festen Punkten des Thermometers um 0,375 des Volumens, welches sie bei 0° haben, so, daß die Ausdehnung der Gasarten der des Quecksilbers, also den Temperaturgraden, genau proportional ist und für jeden Grad der hunderttheiligen Scala 0,00375 beträgt."

Ebenso fand Gay-Lussac, daß die luftförmigen Substanzen, welche der Verflüchtigung tropfbarer Flüssigkeiten ihren Ursprung verdanken, sich ganz nach denselben Gesetzen als die bleibenden Gasarten ausdehnen, so lange sie nicht in tropfbaren Zustand zurückkehren. Um dies durch einen Versuch zu erweisen, nahm er die austrocknenden Salze aus dem Recipienten TT heraus und brachte in die Röhre TG nicht getrocknetes Gas, das mithin mit der Feuchtigkeit geschwängert war, die es im natürlichen Zustande in Dunstgestalt enthält und welche von den austrocknenden Salzen unter Gewichtszunahme derselben eingesaugt zu werden vermag. Vermöge dieses Verfahrens fand sich der Raum GG mit einer Mischung von Gas und von Wasserdünsten angefüllt; und diese Mischung dehnte sich, wenn sie successiv in verschiedene, immer höhere Temperaturen gebracht wurde, gerade so aus, als hätte dasselbe Volumen bloß aus trocknem Gase bestanden. Keineswegs aber darf man dieses Gesetz auch auf solche Fälle ausdehnen, wo die Temperatur unter den Grad erniedrigt wird, auf welchem sie beim Einbringen des Gases stand; denn wir werden weiterhin durch die Erfahrung nachweisen, daß dasselbe Volumen Gas bei einer gegebenen Temperatur nur eine gewisse beschränkte Menge Wasser in Dunstgestalt enthalten kann; wonach, wenn es bei einem gewissen Temperaturgrade mit Wasserdünsten gesättigt war, beim Sinken der Temperatur ein Theil dieser Dünste sich in tropfbar-flüssiger Gestalt niederschlagen muß. Da dieser Theil in seiner neuen Gestalt ein weit geringeres Volumen, als vorher, einnimmt, so wird dadurch das absolute Volumen des Gases vermindert und seine Spannkraft verändert werden, und es werden sich aus dieser doppelten Ursache die Gesetze seiner scheinbaren Ausdehnung abändern müssen.

Gay-Lussac hat auch die Ausdehnung des Aetherdunstes untersucht und sie nicht verschieden von der der Gasarten gefunden, was zu der Vermuthung berechtigen würde, daß dieses Resultat allgemein für alle Arten Dünste gilt, so lange sie im luftförmigen Zustande bleiben.

Dalton *) nahm schon früher als Gay-Lussac ähnliche Untersuchungen vor und kam zu ziemlich gleichlautenden Resultaten. Er stellte seine Untersuchungen so an, daß Luft über Schwefelsäure getrocknet, in graduirten gläsernen Röhren einer verschiedenen Temperatur ausgesetzt und die dann beobachtete Ausdehnung derselben gemessen wurde. Darin weicht Dalton von Gay-Lussac ab, daß er die Zunahme der Ausdehnung nicht für gleichmäßig erklärte, sondern meinte, dieselbe nehme mit der Temperatur ab. Ganz einig mit Gay-Lussac ist Dalton darüber, daß auch Wasserstoffgas, Sauerstoffgas, kohlensaures und Salpetergas und mithin der Analogie nach alle Gasarten sich ebenso ausdehnen, wie die atmosphärische Luft. Aus den von Dalton über das Verhalten der Dämpfe und der feuchten Luft aufgestellten Gesetzen folgt, daß auch feuchte, nur nicht mit tropfbar-flüssigem Wasser gemengte Luft, also auch Wasserdämpfe und überhaupt alle vollkommen expandirten Dämpfe eine gleiche Ausdehnung haben, als atmosphärische Luft. Die Ausdehnung der expansiblen Flüssigkeiten von 0° bis 100° C. giebt Dalton = 0,376 an.

So sorgfältig auch Gay-Lussac bei seinen Untersuchungen verfuhr, so sind doch neuerdings Zweifel gegen die Richtigkeit der von dem französischen Physiker aufgestellten Gesetze erhoben worden.

Zuerst unterwarf Rudberg **) den bisher üblichen Ausdehnungscoefficienten 0,00375 einer nähern Prüfung. Das Wesentliche seines Verfahrens bestand darin, daß er eine Glaskugel, die mit einer in eine feine Spitze auslaufenden Röhre versehn war, völlig austrocknete, bis auf den Siedpunkt erhitzte und die Spitze zuschmolz. Dann wurde die Röhre der Kugel in Quecksilber gesenkt, der ganze Apparat (am besten bis zum Gefrierpunkte) erkältet und die feine Spitze im Quecksilber abgebrochen, worauf letzteres in die Röhre und Kugel drang, da die innen befindliche Luft durch Erkältung zusammengezogen war. Aus dem Volumen der erhitzten trocknen Luft, die den ganzen Apparat füllte, und dem Volumen der abgekühlten Luft, die sorgfältig bestimmt werden mußten, wurde dann, mit Rücksicht auf den Barometerstand und die Ausdehnung des Glases, die Zusammenziehung der Luft durch Rechnung gefunden. Es ergab sich als Coefficient der Ausdehnung trockner Luft nur 0,00365 für 1° C., bei feuchter Luft aber 0,00384 und 0,00390, so daß die von Gay-Lussac und Dalton gefundenen Resultate wohl von Anwesenheit des Wasserdampfes herrührten.

Ein bequemeres Verfahren, die Gasausdehnung zu messen, geschieht mittelst eines Apparates, der folgende Einrichtung hat. Zwei verticale nicht zu enge Glasröhren communiciren an ihrem unteren Ende und sind daselbst mit einem Hahne versehen, durch welchen das in die communicirende Röhre einzufüllende Quecksilber abgelassen werden kann. Der eine dieser Schenkel ist länger und oben offen, der andere kürzere oben durch eine horizontale enge Röhre mit einem Ballon

*) Memoirs of the litterary and philosophical Society of Manchester. London 1802. V. P. T. II. p. 595. Gilb. Ann. Bd. XII. S. 310.

**) Pogg. Ann. Bd. XLI. S. 271.

in Verbindung gebracht, welcher durch eine seitwärts einmündende Röhre mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt worden. Das Gas befindet sich also im Ballon, in der horizontalen engen Verbindungsröhre und im oberen Theile der kürzeren Verticalröhre über dem Quecksilber, von welchem es zusammengedrückt wird, sobald im andern offenen Schenkel das Quecksilber höher steht. Man setzt nun den Ballon der Temperatur t^0 der Siedhitze aus, und nöthigt durch Einfüllen von Quecksilber in den offenen Schenkel dasselbe, im kürzeren Schenkel bis zu einer gewissen Marke zu steigen. Ist dann der Höhenunterschied der Quecksilbersäulen in beiden Schenkeln h' und der zugleich beobachtete Barometerstand H', so steht das Gas bei dieser Temperatur unter dem Drucke $H' + h'$. Hierauf wird das Gas auf 0^0 abgekühlt und zieht sich zusammen; damit aber das Quecksilber nicht bis in die enge horizontale Röhre aufwärts nachdringe, läßt man es vorsichtig mittelst des Hahnes aus beiden Verticalschenkeln abfließen, bis es auch bei dieser Temperatur im kürzeren Schenkel bis zu derselben Marke reicht. Jetzt wird wieder der Höhenunterschied h der Quecksilbersäulen gemessen und der Barometerstand H beobachtet, was den Druck $H + h$ giebt, unter welchem das Gas bei 0^0 steht.

Sei nun α der Coefficient der cubischen Ausdehnung des Gases für 1^0, δ der des Glases, so vergrößert sich für eine Temperaturzunahme von 0^0 bis t^0 das Gas im Verhältniß von $1 : (1 + \alpha t)$, wenn der Druck $H + h$, welcher bei 0^0 stattfand, constant bleibt. Da aber dieser bei t^0 $H' + h'$ war, so wird das Gasvolumen $1 + \alpha t$ nach dem Mariotte'schen Gesetze auf $\frac{H + h}{H' + h'} . (1 + \alpha t)$ zurückgeführt, und dies ist dem Raume $1 + \delta t$ gleich, den das Glas bei t^0 darbietet, da sich letzteres im Verhältniß $1 : (1 + \delta t)$ ausdehnt. Man hat sonach

$$\frac{H + h}{H' + h'} . (1 + \alpha t) = 1 + \delta t, \text{ also } 1 + \alpha t = \frac{H' + h'}{H + h} . (1 + \delta t),$$

woraus sich α leicht und mit großer Sicherheit bestimmen läßt, man muß aber, wie sich von selbst versteht, die Glasausdehnung δ des Instrumentes bereits vorher kennen.

Eines ähnlichen Apparates bediente sich Rudberg ebenfalls, nur war statt des Hahnes am untern Ende der Verticalröhren ein Beutel angebracht, der durch eine Schraube gedrückt das Quecksilber in die Röhren preßte; auch waren letztere eng und Rudberg brachte daher die Capillardepression mit in Rechnung.

Die wichtigen Untersuchungen über Ausdehnung der Luft wurden von Magnus *) und besonders von V. Regnault **) wiederholt, die beide unabhängig von einander sorgfältige Versuche anstellten, Letzterer nach vier mit den angegebenen im Wesentlichen übereinstimmenden Methoden. Als Mittel aus den von ihnen gewonnenen Resultaten findet sich:

die Ausdehnung der trocknen atmosphärischen Luft (bei constantem Drucke) für den Temperaturunterschied der beiden festen Thermometerpunkte $= 0{,}366768$, wofür man nach Babinet's Vorschlage sehr gut $0{,}3666\ldots = {}^{11}/_{30}$ annehmen kann ***).

*) Pogg. Ann. Bd. LV. S. 1.

**) Ann. de Chim. et de Phys. III. Sér. T. IV. p. 5 u. 52. Compt. rend. T. XIV. N. 5 p. 203. Pogg. Ann. Bd. LV. S. 141, 391, 557 u. Bd. LVII. S. 115.

***) Muncke in Gehl. phys. Lex. Bd. XI. S. 23 ff.

Dieser Coefficient verdient um so mehr Beachtung, als die Angaben beider Physiker sehr nahe dieselben sind.

Auch mehrere andere Gase untersuchte Regnault und fand die Ausdehnung zwischen 0° und 100° C.:

für Stickstoffgas	0,36682 0,36701 0,36749
„ Wasserstoffgas	0,36678
„ Kohlenoxydgas	0,36667
„ Kohlensäure	0,36896 0,36844 0,36856
„ Cyangas	0,36821
„ Stickstoffoxydul	0,36763
„ schweflige Säure	0,36696
„ Chlorwasserstoffgas	0,36812

Sauerstoff und Ammoniakgas gaben keine genügenden Resultate, da sie sich beim Versuch zum Theil mit dem Quecksilber verbanden.

Da Regnault's Apparat die Gase einem größern als dem mittleren atmosphärischen Drucke auszusetzen gestattete, so untersuchte derselbe, ob ein vermehrter Druck Einfluß auf die Ausdehnung habe, und erhielt hierbei folgende Resultate:

für schwefligsaures Gas:

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
545,67mm	742,08mm	0,36689
742,49	1010,49	0,36777
772,28	1052,14	0,36907
901,06	1234,35	0,37413

für kohlensaures Gas:

554,89mm	556,52mm	0,36831
555,47	757,54	0,36857
758,47	1034,47	0,36846
759,10	1034,10	0,36866
901,09	1230,37	0,36943

Ferner ergab sich für atmosphärische Luft:

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
109,27mm	149,31mm	0,36482
174,36	237,17	0,36513
266,06	395,07	0,36542
374,67	510,35	0,36587
375,23	510,97	0,36572
760,00mm	760,00mm	0,36650
1678,40	2286,09	0,36760
1692,53	2306,23	0,36800
2144,18	2924,04	0,36894
3655,56	4992,09	0,37091

für Kohlensäure:

bei 0° unter dem Druck:	bei 100° unter dem Druck:	Ausdehnungs-Coefficient:
758,47mm	1034,54mm	0,36856
901,09	1230,37	0,36943
1742,73	2387,72	0,37523
3598,07	4759,03	0,38598

Hieraus ergiebt sich, daß die Größe der Ausdehnung mit der Dichtigkeit der Gase in einem gewissen Verhältnisse wächst, aber nicht bei einem Gase in demselben Verhältnisse wie bei dem andern, z. B. bei Kohlensäure in einem weit größeren als bei atmosphärischer Luft.

Auch für gleichbleibenden Druck gab Regnault noch folgende Bestimmungen der Ausdehnungs-Coefficienten mehrerer Gase:

atmosphärische Luft: 0,36706; Wasserstoffgas: 0,36613; Kohlenoxydgas: 0,36688; Kohlensäure: 0,37099; Stickstoffoxydul: 0,37195; Cyan: 0,38767: schweflige Säure: 0,39028.

Von Magnus wurden Wasserstoffgas, Kohlensäure und schweflige Säure ebenfalls untersucht und folgende Ausdehnungs-Coefficienten gefunden:

Wasserstoff: 0,365659; Kohlensäure: 0,369087; schweflige Säure: 0,385618; dieselbe nach der 2. Versuchsreihe: 0,384400.

Im Mittel erhält man für diese drei Gase nach den Bestimmungen dieser beiden Physiker folgende jedenfalls sehr beachtenswerthe Resultate:

Ausdehnungs-Coeffic.	für Wasserstoff: . .	0,365895
„ „	„ Kohlensäure: . .	0,370038
„ „	„ schweflige Säure:	0,386766

Nach alledem ist es keinem Zweifel unterworfen, daß sich nicht alle Gase gleichmäßig ausdehnen, und daß somit das von Gay-Lussac aufgestellte Gesetz keine Gültigkeit haben kann.

In Rücksicht auf die Gleichförmigkeit der Ausdehnung hat zwar Meikle *) durch Rechnung zu beweisen gesucht, daß für eine arithmetische Reihe der Thermometergrade die Ausdehnung der Luft eine geometrische bilden müsse; indessen geben alle bisher angestellten Versuche keinen Grund, dieser Ansicht zu folgen, und man nimmt allgemein an, daß die Gase sich der Zunahme der Wärme proportional ausdehnen, was wenigstens für Temperaturen zwischen den festen Punkten des Thermometers keinen Fehler veranlassen kann, der zu beachten wäre.

Ausfluß (franz. écoulement; engl. discharge, efflux, effluxion) des Wassers und der Luft.

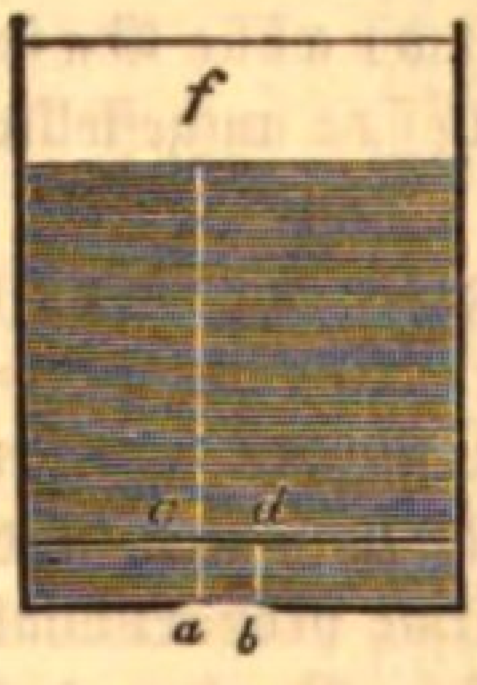
A. Ausfluß des Wassers. Die Lehre vom Ausflusse der tropfbaren Flüssigkeiten, die man im Allgemeinen unter der Benennung Wasser begreift, aus Gefäßen bildet den ersten Theil der Hydraulik. Man unterscheidet dabei vor allen Dingen den Ausfluß bei constantem oder unveränderlichem und den bei veränderlichem Drucke. Unveränderlich ist aber der Druck oder die Druckhöhe des Wassers dann, wenn in den Wasserbehälter, aus welchem Wasser ausfließt, immer ebenso viel Wasser von oben zufließt, als durch die Ausflußöffnung abfließt, oder auch,

*) Philos. Mag. and Ann. T. XI. p. 243.

wenn die in einer gewissen Zeit ausfließende Wassermenge im Vergleich zu dem ganzen Inhalte des Gefäßes außerordentlich klein ist. Das Erstere bewirkt man dadurch, daß aus einem zweiten Gefäße Wasser in den Behälter einströmt, dessen Zufluß durch einen Hahn regulirt wird; auch wohl durch andere Vorrichtungen, z. B. den Schwimmer von Prony und das sogenannte Mariotte'sche Gefäß. Im Folgenden wird zunächst ein constanter Druck vorausgesetzt.

Die Hauptaufgabe der Lehre vom Ausflusse des Wassers ist, diejenige Wassermenge zu bestimmen, welche unter gegebenem Drucke in einer bestimmten Zeit durch eine Oeffnung von gegebener Größe ausfließt. Bezeichnen wir die in Secunden ausgedrückte Zeit mit t, die in jeder Secunde ausfließende Wassermenge mit q, so ist die in t Secunden ausfließende Wassermenge offenbar $Q = tq$. Nehmen wir nun bis auf Weiteres an, daß die Wassertheilchen, in parallelen geraden Linien ausströmend, einen prismatischen Wasserstrahl von dem Querschnitte f bilden, und nennen die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers v, so bildet die in einer Secunde ausfließende Wassermenge ein Prisma, dessen Basis f und Höhe v ist, mithin ist $q = fv$, also $Q = tfv$, was man, um das Gewicht der ausströmenden Wassermenge zu finden, noch mit dem specifischen Gewichte der betreffenden Flüssigkeit zu multipliciren hat.

Zur Bestimmung der Geschwindigkeit v aus der Druckhöhe des Wassers dient der unter dem Namen des Torricelli'schen Gesetzes bekannte Satz: die Ausflußgeschwindigkeit ist derjenigen Geschwindigkeit gleich, welche ein im luftleeren Raume frei fallender Körper erreichen würde, wenn er vom Spiegel des Wassers bis zur Ausflußöffnung herabfiele. Der Beweis desselben läßt sich am elementarsten auf folgende Weise führen. Wenn die unmittelbar über der Oeffnung ab befindliche



Flüssigkeitsschicht abcd frei herabfiele, ohne durch den Druck der darüber befindlichen Wassermenge beschleunigt zu werden, so würde sie mit einer der Höhe $ac = h$ entsprechenden Geschwindigkeit $c = \sqrt{2gh}$ ausfließen, wo g die Beschleunigung der Schwere oder 9,8088 Meter = $31\frac{1}{4}$ rheinl. Fuß bedeutet. Da nun aber jene Schicht nicht nur durch ihre eigene Schwere, sondern auch durch das ganze Gewicht des darüber befindlichen Wassers beschleunigt wird, mithin, wenn die auf die ausfließende Schicht wirkende beschleunigende Kraft $= g'$ und die Druckhöhe $af = s$ gesetzt wird, $h : s = g : g'$ ist, woraus $g' = \frac{gs}{h}$ folgt, so ist die wirkliche Ausflußgeschwindigkeit $v = \sqrt{2gs}$.

Auf experimentalem Wege läßt sich jenes Gesetz folgendermaßen beweisen oder wenigstens prüfen. Man nimmt ein Gefäß mit einer aufwärts gerichteten Oeffnung, die jedoch verschlossen bleibt, bis das Gefäß ganz oder größtentheils mit Wasser gefüllt ist, so wird der aufsteigende verticale Wasserstrahl beinahe das Niveau des Wassers im Gefäße erreichen und unter der Höhe desselben nur wegen der niemals völlig zu beseitigenden Hindernisse der Bewegung mehr oder weniger zurückbleiben. Zu den letzteren gehören: der Widerstand der Luft, die Reibung an den Wänden der Oeffnung und vor allen der nach unten wirkende Druck des wieder herabfallenden Wassers; wendet man die Ausflußöffnung so, daß der aus-

fließende Strahl einen kleinen Winkel mit der Verticallinie macht, so fällt dieser letztere Einfluß weg, da das Wasser nun neben dem aufsteigenden Strahle herabfällt, und der Strahl steigt dann augenblicklich höher, unter günstigen Umständen bis zu 0,9 der Druckhöhe.

Aus dem angeführten Gesetze folgt sofort zweierlei: 1) daß die Ausflußgeschwindigkeit nicht von der Beschaffenheit und dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit, sondern lediglich von der Tiefe der Ausflußöffnung unter dem Niveau abhängt; und 2) daß sich die Ausflußgeschwindigkeiten für eine und dieselbe Flüssigkeit wie die Quadratwurzeln aus den Druckhöhen verhalten. Hat übrigens das Wasser schon beim Eintritt in das Gefäß eine gewisse Geschwindigkeit c, so erleidet die für v aufgestellte Formel eine Modification und es ist dann $v = \sqrt{2gh + c^2}$.

Mittelst der Formel $Q = tfv = tf\sqrt{2gh}$ läßt sich die ausfließende Wassermenge nur dann unmittelbar berechnen, wenn die Ausflußöffnung horizontal ist, weil hier im Querschnitte f die Geschwindigkeit des Wassers überall gleich ist. Befindet sich aber die Ausflußöffnung in einer Seitenwand des Gefäßes, welche vertical oder schräg ist, so muß man unter g eine mittlere oder durchschnittliche Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers verstehn. Am gewöhnlichsten sind rectanguläre und kreisrunde Seitenöffnungen (erstere mit zwei horizontalen und zwei verticalen Kanten); reicht die rectanguläre Seitenöffnung bis zum Wasserspiegel, so heißt sie ein Ueberfall (franz. déversoir). Jedenfalls kann man annehmen, daß die mittlere Geschwindigkeit diejenige ist, welche in der Nähe des Schwerpunktes der Oeffnung stattfindet. Bei rectangulären Wandeinschnitten oder Ueberfällen beträgt sie zwei Drittel von der Geschwindigkeit an der Schwelle oder untern Kante des Einschnittes. Will man das Torricelli'sche Gesetz durch Experimente prüfen, so müssen die Oeffnungen in dünnen Metallblättchen gemacht sein, damit die Ausflußgeschwindigkeit durch Reibung an den Wänden der Oeffnung möglichst wenig vermindert wird.

Ein in horizontaler Richtung ausfließender Wasserstrahl bildet eine Parabel, deren Dimensionen von der Ausflußgeschwindigkeit abhängen; den Beweis s. Art. Wurf. Genau wie bei einem in horizontaler Richtung geworfenen Körper läßt sich beweisen, daß die ausfließenden Wassertheilchen eine krumme Linie beschreiben, deren Ordinaten (hier die horizontalen Abstände von der verticalen Gefäßwand) den Quadraten der Abscissen (hier der Abstände von der Ausflußöffnung in verticaler Richtung) proportional sind; eine solche krumme Linie aber ist bekanntlich eine Parabel.

Für eine rectanguläre Ausflußöffnung beträgt, wenn die Breite derselben b, die Tiefe der untern Kante h_1, die der obern Kante h_2 genannt wird, die in einer Secunde ausfließende Wassermenge $q = \frac{2}{3} b \sqrt{2g} (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$, woraus für den rectangulären Ueberfall oder für $h_2 = 0$ folgt: $q = \frac{2}{3} b \sqrt{2gh_1^3} = \frac{2}{3} bh_1 \sqrt{2gh_1}$. Für eine dreieckige Mündung mit horizontaler Basis b, deren Höhe h ist und deren Spitze im Wasserspiegel liegt, ist $q = \frac{2}{5} b \sqrt{2gh^3}$. Liegt umgekehrt die Basis der Mündung im Wasserspiegel und ist h die Tiefe der Spitze, so ist $q = \frac{4}{15} bh \sqrt{2gh}$. Bildet die Mündung ein Trapez, dessen obere im Wasserspiegel liegende Basis b_1, dessen untere Basis b_2 und dessen Höhe h ist, so folgt $q = \frac{2}{15} (2b_1 + 3b_2) h \sqrt{2gh}$. Endlich für ein Dreieck, dessen hori-

zontale Basis b_1 um h_1 und dessen Spitze C um h unter dem Wasserspiegel liegt, ist $q = \frac{2 b_1 \sqrt{2g}}{15} \left(\frac{2 h^{5/2} - 5 h h_1^{3/2} + 3 h_1^{5/2}}{h - h_1} \right)$.

Mit den im Vorigen entwickelten Ausflußgesetzen stimmen die Erfahrungen nur dann ziemlich genau überein, wenn die Ausflußöffnung im Vergleich zur Druckhöhe nur klein ist, wenn sie ferner sich nach innen allmälig erweitert und ohne Ecken oder Kanten an den Boden oder an die Seitenwand des Gefäßes anschließt. Nach Michelotti's, Eytelwein's und Weisbach's Versuchen mit glattpolirten metallenen Mundstücken beträgt dann die wirklich ausfließende Wassermenge 96 bis 98 Procent der theoretisch bestimmten, also nur 2 bis 4 Procent weniger als diese. Die hier stattfindende, in der Regel aber noch weit bedeutendere Verminderung der Wassermenge — gewöhnlich um den dritten Theil oder mehr — rührt zum Theil von einem Verlust an Geschwindigkeit her, der durch die Reibung des Wassers an dem innern Umfange der Mündung und durch die Klebrigkeit oder unvollkommene Flüssigkeit des Wassers bewirkt wird. Man pflegt das Verhältniß der wirklichen Ausflußgeschwindigkeit zur theoretischen den Geschwindigkeitscoefficienten zu nennen; bezeichnet man ihn mit φ, so ist die wirkliche Ausflußgeschwindigkeit $v_1 = \varphi v = \varphi \sqrt{2gh}$.

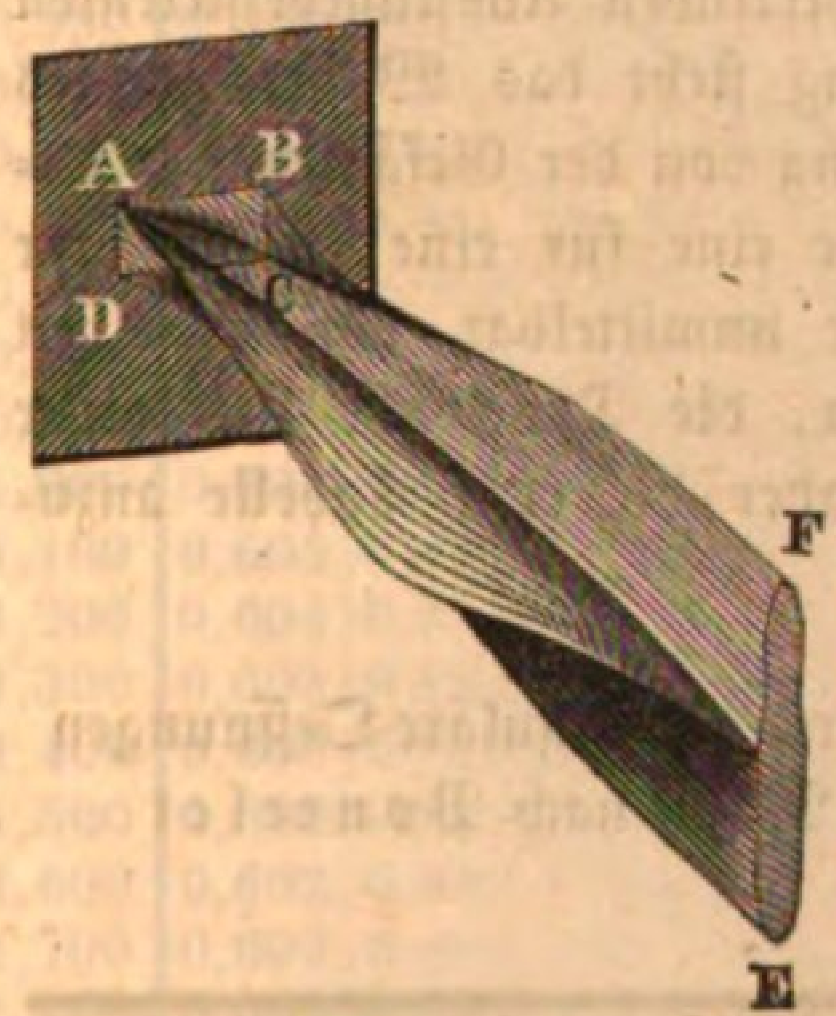
Eine zweite nicht minder einflußreiche Ursache, welche die theoretische Ausflußmenge vermindert, liegt in der Contraction oder Zusammenziehung des ausfließenden Strahles (contractio venae; franz. contraction de la veine). Gleich nach dem Austritte des Strahles aus der Ausflußöffnung zieht sich nämlich der Strahl auffallend zusammen; in einer Entfernung, die ungefähr dem halben Durchmesser der Oeffnung gleich kommt, ist die Contraction am bedeutendsten und zwar beträgt hier der Querschnitt des Strahles nur etwa $^2/_3$ vom Flächeninhalt der Oeffnung selbst, oder, wenn diese kreisrund ist, der Durchmesser des Strahles ungefähr 0,8 vom Durchmesser der Oeffnung. Daß von da an der Strahl sich wieder ausbreite, wie früher angenommen wurde, wird nach Savart's Untersuchungen*) nur bei aufwärts gerichteten Strahlen beobachtet. Das Verhältniß des Querschnittes f_1 des zusammengezogenen Strahles zu dem Querschnitte f der Mündung nennt man den Contractionscoefficienten und bezeichnet ihn mit α, so daß $f_1 = \alpha f$ ist. Der mittlere Werth für den Ausfluß des Wassers durch Mündungen in einer dünnen Gefäßwand ist nach dem Vorigen $\alpha = 0,64$. Die Ursache der Zusammenziehung liegt darin, daß nicht nur das in unmittelbarer Nähe der Mündung befindliche Wasser ausfließt, sondern auch das seitwärts befindliche in einer gegen die Ausflußöffnung schrägen Richtung herbeiströmt und mithin schon im Innern des Gefäßes eine Convergenz der Wassertheilchen stattfindet, die sich außerhalb des Gefäßes fortsetzt. Aus Gerstner's Untersuchungen ergiebt sich, daß das Wasser durch eine Oeffnung in einer dünnen Wand in cykloidischen Curven ausströmt.

Verfolgt man den ausfließenden Strahl auf seinem fernern Wege, so findet man, daß er aus zwei merklich verschiedenen Theilen besteht; der der Mündung zunächstliegende Theil ist ruhig und vollkommen durchsichtig wie Glas, der entferntere Theil ist zerrissen und undurchsichtig und besteht aus abwechselnden Bäuchen und Knoten. Die Bäuche bestehen aus breiten, in horizontaler Richtung ausge-

*) Ann. de Ch. et de Ph. T. LIII. p. 337.

dehnten, die Knoten aus in verticaler Richtung verlängerten Tropfen, so daß ein und derselbe Tropfen abwechselnd lang und breit werden muß.

Bei nicht kreisförmigen Mündungen erleidet der Strahl merkwürdige Veränderungen seiner Gestalt. Bei einer dreiseitigen Mündung bildet der Querschnitt des Strahles in einigem Abstande von der Mündung einen dreistrahligen Stern, bei einer vierseitigen einen vierstrahligen, bei einer fünfseitigen einen fünfstrahligen Stern &c. Ist die Mündung rectangulär, so nähert sich der Strahl in größerer Entfernung wieder mehr der Gestalt eines Rechteckes, bei welchem aber die langen Seiten da liegen, wo das Rechteck der Mündung seine kurzen Seiten hat, und umgekehrt, also die ursprüngliche Lage des Rechteckes verwendet erscheint. Aehnliche Wendungen (franz. renversemens ou inversions et redressemens) beobachtet man



auch bei quadratischen Oeffnungen, wo es scheint, als wenn sich der Querschnitt des Strahles in einer gewissen Entfernung von der Oeffnung um 45 Grad gedreht oder gewendet habe. Ueber den Ausfluß bei verschiedenartigen Oeffnungen hat Bidone umfassende Versuche angestellt; in Bezug auf quadratische Oeffnungen aber haben Poncelet und Lesbros die genauesten Strahlenmessungen vorgenommen und dabei einen auffallend kleinen Contractionscoefficienten $\alpha = 0{,}563$ gefunden.

Das Product aus dem Geschwindigkeits- und dem Contractionscoefficienten giebt den Ausflußcoefficienten, welcher das Verhältniß der wirklichen zur theoretischen oder hypothetischen Ausflußmenge ausdrückt. Bezeichnet man ihn mit μ, so ist die wirkliche Ausflußmenge in einer Secunde $q_1 = \mu q = \alpha \varphi q = \alpha \varphi f v = \alpha \varphi f \sqrt{2gh}$. Bei kleinen Mündungen und kleinen Ausflußgeschwindigkeiten ist der Ausflußcoefficient größer als bei großen Mündungen und großen Geschwindigkeiten; ferner bei langen und schmalen Mündungen größer als bei quadratischen oder kreisförmigen. Für quadratische Mündungen von 1 bis 9 Quadratzoll Inhalt und 7 bis 21 Fuß Druckhöhe ist nach den Versuchen von Bossut und Michelotti der mittlere Ausflußcoefficient $\mu = 0{,}610$, für kreisförmige von $^1/_2$ bis 6 Zoll Durchmesser und 4 bis 21 Fuß Druckhöhe ist $\mu = 0{,}615$. Nach Weisbach's Versuchen nimmt der Ausflußcoefficient zu, wenn die Mündungsgröße und die Druckhöhe abnehmen, und zwar beträgt er für eine runde Mündung von 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 Centimeter Durchmesser bei einem Drucke von 0,6 Meter resp. 0,628; 0,621; 0,614; 0,607, dagegen für gleichgroße Mündungen bei einem Drucke von 0,25 Meter resp. 0,637; 0,629; 0,622; 0,614. Ebenso fand ihn Hachette *) = 0,69 für eine Höhe von 16 Millim. und = 0,60 für eine Höhe von 16 Centim.

Ueber den Ausfluß durch größere rectanguläre Oeffnungen in einer Seitenwand haben Poncelet und Lesbros in Metz sehr genaue Versuche angestellt und aus denselben die nachher folgenden Tabellen berechnet, für deren Verständniß noch Folgendes zu bemerken ist. Führt man in der oben für rectanguläre Ausflußöffnungen gegebenen Formel $q = {}^2/_3\, b \sqrt{2g}\, (h_1^{3/2} - h_2^{3/2})$, in welcher b die

*) Ann. de Chim. et de Phys. T. I. p. 202. T. III. p. 78.

Breite der Ausflußöffnung und h_1, h_2 die Wasserstände über der untersten und obersten horizontalen Kante der Oeffnung bezeichnen, die Höhe der Oeffnung $a = h_1 - h_2$ und die mittlere Druckhöhe $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$ ein, so ist nahe genau $q = \left(1 - \frac{a^2}{96 h^2}\right) ab \sqrt{2gh}$, mithin die wirkliche Ausflußmenge in einer Secunde $q_1 = \mu q = \left(1 - \frac{a^2}{96 h^2}\right) \mu\, ab \sqrt{2gh}$. Setzt man hier $\left(1 - \frac{a^2}{96 h^2}\right) \mu = \mu_1$, so erhält man die gewöhnliche Formel zur Berechnung der wirklichen Ausflußmenge für rectanguläre Oeffnungen $q_1 = \mu_1\, ab \sqrt{2gh}$. Die folgenden Tabellen enthalten nun nicht die Werthe von dem wirklichen Ausflußcoefficienten μ, sondern von μ_1. — Unmittelbar vor der Oeffnung steht das Wasser, da es hier in Bewegung ist, tiefer als in größerer Entfernung von der Gefäßwand; deshalb sind zwei Tabellen zusammengestellt worden, die eine für eine in größerer Entfernung von der Oeffnung, die andere für eine unmittelbar vor derselben gemessene Druckhöhe; es ist jedoch immer vorzuziehen, die Druckhöhe in einiger Entfernung von der Gefäßwand zu messen und daher die erste Tabelle anzuwenden.

Ausflußcoefficienten für den Ausfluß des Wassers durch rectanguläre Oeffnungen von 0,2 Meter Breite in einer verticalen dünnen Wand nach Poncelet und Lesbros.

Druckhöhe oder Abstand des Wasserspiegels über der obern Seite d. Oeffnung in Metern	Die Druckhöhen sind an einer Stelle gemessen, wo das Wasser als stillstehend angesehen werden kann.						Die Druckhöhen sind unmittelbar an der Oeffnung gemessen.					
	Höhen der Oeffnung in Metern						Höhen der Oeffnung in Metern					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,000	—	—	—	—	—	—	0,619	0,667	0,713	0,766	0,783	0,795
0,005	—	—	—	—	—	0,707	0,597	0,630	0,668	0,725	0,750	0,778
0,010	—	—	0,607	0,630	0,660	0,701	0,595	0,618	0,642	0,687	0,720	0,762
0,015	—	0,593	0,612	0,632	0,660	0,697	0,594	0,615	0,639	0,674	0,707	0,745
0,020	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694	0,594	0,614	0,638	0,668	0,697	0,729
0,030	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688	0,593	0,613	0,637	0,659	0,685	0,708
0,040	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683	0,593	0,612	0,636	0,654	0,678	0,695
0,050	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679	0,593	0,612	0,636	0,651	0,672	0,686
0,060	0,587	0,607	0,627	0,640	0,657	0,676	0,594	0,613	0,635	0,647	0,668	0,681
0,070	0,588	0,609	0,628	0,639	0,656	0,673	0,594	0,613	0,635	0,645	0,665	0,677
0,080	0,589	0,610	0,629	0,638	0,656	0,670	0,594	0,613	0,635	0,643	0,662	0,675
0,090	0,591	0,610	0,629	0,637	0,655	0,668	0,595	0,614	0,634	0,641	0,659	0,672
0,100	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666	0,595	0,614	0,634	0,640	0,657	0,669
0,120	0,593	0,612	0,630	0,636	0,653	0,663	0,596	0,614	0,633	0,637	0,655	0,665
0,140	0,595	0,613	0,630	0,635	0,651	0,660	0,597	0,614	0,632	0,636	0,653	0,661
0,160	0,596	0,614	0,631	0,634	0,650	0,658	0,597	0,615	0,631	0,635	0,651	0,659
0,180	0,597	0,615	0,630	0,634	0,649	0,657	0,598	0,615	0,631	0,634	0,650	0,657

Druckhöhe oder Abstand des Wasserspiegels über der obern Seite d. Oeffnung in Metern	Die Druckhöhen sind an einer Stelle gemessen, wo das Wasser als stillstehend angesehen werden kann. Höhen der Oeffnung in Metern						Die Druckhöhen sind unmittelbar an der Oeffnung gemessen. Höhen der Oeffnung in Metern					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,200	0,598	0,615	0,630	0,633	0,648	0,655	0,599	0,615	0,630	0,633	0,649	0,656
0,250	0,599	0,616	0,630	0,632	0,646	0,653	0,600	0,616	0,630	0,632	0,646	0,653
0,300	0,600	0,616	0,629	0,632	0,646	0,650	0,601	0,616	0,629	0,632	0,644	0,651
0,400	0,602	0,617	0,628	0,631	0,642	0,647	0,602	0,617	0,629	0,631	0,642	0,647
0,500	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,645
0,600	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,642	0,604	0,617	0,627	0,630	0,638	0,643
0,700	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640	0,604	0,616	0,627	0,629	0,637	0,640
0,800	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637	0,605	0,616	0,627	0,629	0,636	0,637
0,900	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635	0,605	0,615	0,626	0,628	0,634	0,635
1,000	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
1,100	0,604	0,614	0,625	0,627	0,631	0,629	0,604	0,614	0,625	0,627	0,631	0,629
1,200	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	0,626	0,604	0,614	0,624	0,626	0,628	0,626
1,300	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622	0,603	0,613	0,622	0,624	0,625	0,622
1,400	0,603	0,612	0,621	0,621	0,622	0,618	0,603	0,612	0,621	0,622	0,622	0,618
1,500	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615	0,602	0,611	0,620	0,620	0,619	0,615
1,600	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	0,613	0,602	0,611	0,618	0,618	0,617	0,613
1,700	0,602	0,610	0,617	0,616	0,615	0,612	0,602	0,610	0,617	0,616	0,615	0,612
1,800	0,601	0,609	0,615	0,615	0,614	0,612	0,601	0,609	0,615	0,615	0,614	0,612
1,900	0,601	0,608	0,614	0,613	0,612	0,611	0,601	0,608	0,614	0,613	0,613	0,611
2,000	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611	0,601	0,607	0,614	0,612	0,612	0,611
3,000	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

Fließt das Wasser durch Ueberfälle, so erleidet der Strahl an drei Seiten eine Contraction, wodurch die Ausflußmenge ebenfalls vermindert wird. Für diesen Fall ist daher die Ausflußmenge $q_1 = \frac{2}{3} \mu \, b \, h \sqrt{2gh}$. Hierbei ist aber die Druckhöhe h oder der Wasserstand über der Ueberfallschwelle wegen der immer stattfindenden beträchtlichen Senkung des Wasserspiegels wenigstens 2 Fuß vor der den Ueberfall enthaltenden Wand zu messen. Die Resultate der Versuche von Poncelet und Lesbros stellt folgende kleine Tabelle dar:

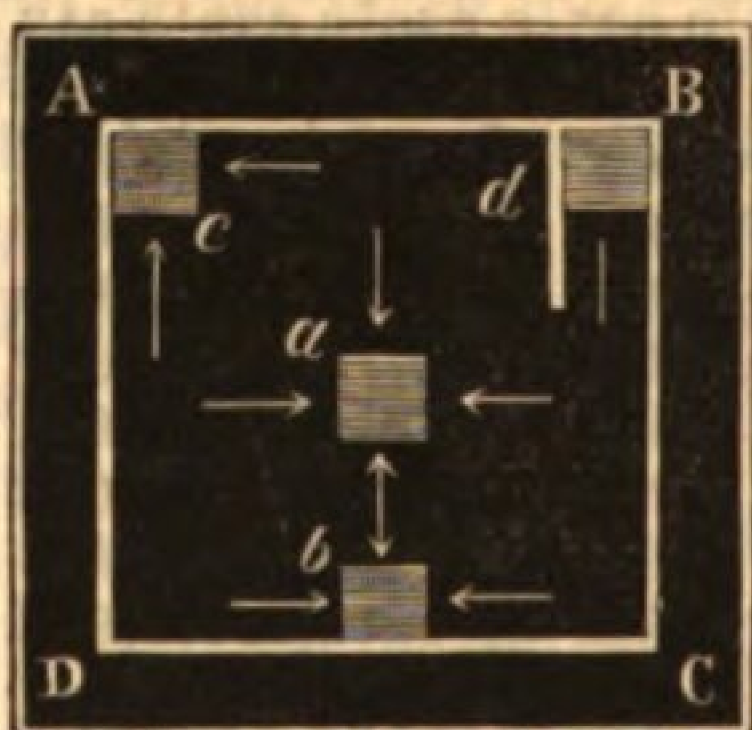
Tabelle der Ausflußcoefficienten für Ueberfälle von 2 Decimeter Breite.

Druckhöhe h in Metern	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,22
Ausflußcoefficient $\mu_1 = \frac{2}{3} \mu$	0,424	0,417	0,412	0,407	0,401	0,397	0,395	0,393	0,390	0,385

Hiernach kann man im Durchschnitt $\mu_1 = \frac{2}{3} \mu = 0,4$ annehmen. Für Ueberfälle von größeren Breiten fanden Eytelwein $\mu_1 = 0,42$; Bidone 0,41. Die umfassendsten Versuche haben d'Aubuisson und Castel angestellt. Als Resultat findet d'Aubuisson, daß 1) bei Ueberfällen, deren Breite höchstens den dritten Theil der Breite der Wand oder des Canales beträgt, im Mittel $\mu = 0,6$ oder $\mu_1 = 0,4$; bei Ueberfällen, welche über die ganze Wand

weggehn, $\mu = 0{,}665$ oder $\mu_1 = 0{,}443$ sei; 3) bei andern Verhältnissen zwischen der Ueberfall- und Wandbreite μ zwischen 0,58 und 0,66 oder μ_1 zwischen 0,39 und 0,44 liege.

Kann das Wasser nicht von allen Seiten, sondern nur von einer oder einigen Seiten her gegen die Oeffnung strömen, so wird der Strahl nur theilweise contrahirt; man hat daher dann eine unvollständige oder partielle Contraction (franz. contraction incomplète). Dieselbe findet dann statt, wenn die Oeffnung in der ebenen Wand durch andere Wände in der Richtung des Strahles ganz oder theilweise eingefaßt ist, z. B. wenn sie sich unmittelbar an der einen Seite oder in einer Ecke des Bodens befindet, ferner wenn eine rectanguläre Seitenöffnung bis zum Boden des Gefäßes reicht, wenn die Schutzöffnung bis zum Boden und bis an die Seitenwände des Gerinnes geht ꝛc. In der nebenstehenden Figur, wo a, b, c, d vier gleichgroße Oeffnungen im Boden AC eines Gefäßes vorstellen, ist die Contraction nur bei a vollständig, dagegen unvollständig bei b, wo das Wasser von drei Seiten, bei c, wo es von zwei Seiten, und bei d, wo es nur von einer Seite zuströmen kann. Die partielle Contraction äußert sich auf doppelte Weise, indem sie dem Strahl eine schiefe Richtung giebt und zugleich einen größern Ausfluß bewirkt; wegen des erstern Umstandes muß man sie in der Regel zu vermeiden suchen. Nach den von Bidone und Weisbach angestellten Versuchen nimmt der Ausflußcoefficient mit dem Verhältnisse des eingefaßten Theils zum ganzen Umfange gleichmäßig zu. Setzt man dieses Verhältniß oder den Quotienten des eingefaßten Theils durch den ganzen Umfang = n und bezeichnet k einen erfahrungsmäßig zu bestimmenden Coefficienten, μ_n den Ausflußcoefficienten der partiellen und μ den der vollständigen Contraction, so kann man $\mu_n = (1 + kn)\,\mu$ setzen. Für kreisförmige Oeffnungen ist nach Bidone $k = 0{,}128$; für rectanguläre nach demselben $= 0{,}152$, nach Weisbach $= 0{,}134$. In der Anwendung kommen fast ausschließlich rectanguläre Oeffnungen vor, für welche man im Mittel $k = 0{,}143$ setzen kann. Ist bei einer solchen Oeffnung die Höhe a, die Breite b und fällt die Contraction an einer Seite b weg, so ist $n = \frac{b}{2(a+b)}$; ist eine Seite a eingefaßt, so ist $n = \frac{a}{2\,(a + b)}$; ist eine Seite a und zugleich eine Seite b eingefaßt, so ist $n = {}^1/_2$; ist endlich eine Seite b und beide Seiten a eingefaßt, so ist $n = \frac{2\,a + b}{2\,(a+b)}$.



Noch ist von der unvollständigen oder partiellen Contraction die unvollkommene zu unterscheiden. Die bisher angegebenen Verhältnisse und Bestimmungen beziehen sich nur auf den Fall, wo die Mündung oder Oeffnung im Vergleich mit der Wand, in der sie sich befindet, sehr klein ist und das Wasser der erstern nur mit einer kleinen Geschwindigkeit zufließt; in diesem Falle kann die Contraction als vollkommen angesehen werden. Sie ist dagegen unvollkommen (franz. contraction imparfaite, engl. imperfect contraction), wenn der Querschnitt der Mün-

dung nicht viel kleiner ist als der des zuströmenden Wassers, so daß dasselbe mit beträchtlicher Geschwindigkeit an der Mündung ankommt. Je schneller aber das Wasser der Mündung zuströmt, desto geringer ist die Contraction und desto größer die Ausflußmenge. Uebrigens unterscheidet sich der unvollkommen contrahirte Wasserstrahl von dem vollkommen contrahirten nicht nur durch größere Stärke, sondern auch durch geringere Durchsichtigkeit.

Bezeichnet man das Verhältniß zwischen den Flächenräumen der Mündung f und der Wand g, also $\frac{f}{g}$ mit n, den Ausflußcoefficienten bei vollkommener Contraction mit μ_0 und den bei unvollkommener stattfindenden mit μ_n, so kann man nach Weisbach's Untersuchungen setzen 1) für kreisförmige Mündungen $\mu_n = \mu_0 \, (1 + 0{,}04564 \, [14{,}821^n - 1])$ und 2) für rectanguläre $\mu_n = \mu_0 \, (1 + 0{,}0760 \, [9^n - 1])$. Die Correctionen $\frac{\mu_n - \mu_0}{\mu_0}$ sind in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Tab. I. Correctionen der Ausflußcoefficienten für kreisrunde Oeffnungen.

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\frac{\mu_n - \mu_0}{\mu_0}$	0,007	0,014	0,023	0,034	0,045	0,059	0,075	0,092	0,112	0,134
n	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$\frac{\mu_n - \mu_0}{\mu_0}$	0,161	0,189	0,223	0,260	0,303	0,351	0,408	0,471	0,546	0,613

Tab. II. Correctionen der Ausflußcoefficienten für rectanguläre Oeffnungen.

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\frac{\mu_n - \mu_0}{\mu_0}$	0,009	0,019	0,030	0,042	0,056	0,071	0,088	0,107	0,128	0,152
n	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
$\frac{\mu_n - \mu_0}{\mu_0}$	0,178	0,208	0,241	0,278	0,319	0,365	0,416	0,473	0,537	0,608

Auch beim Ausflusse durch Ueberfälle kommt die unvollkommene Contraction häufig vor; auch hier läßt sich mit Hülfe des Querschnittsverhältnisses n der entsprechende Ausflußcoefficient berechnen und zwar ist nach Weisbach 1) für Ueberfälle, welche nur einen Theil der Breite des Behälters oder Canales einnehmen, $\mu_n = \mu_0 \, (1 + 1{,}718 \, n^4)$; 2) für Ueberfälle, welche die ganze Breite des Gerinnes einnehmen, $\mu_n = \mu_0 \, (1{,}041 + 0{,}3693 \, n^2)$.

Nach diesen Formeln sind die in nachstehenden Tabellen zusammengestellten Correctionen $\frac{\mu_n - \mu_0}{\mu_0}$ berechnet.

Tab. I. Correctionen für Ueberfälle der ersten Art.

n	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\mu_n - \mu_0$	0,000	0,000	0,001	0,003	0,007	0,014	0,026	0,044	0,070	0,107

Tab. II. Correctionen für Ueberfälle der zweiten Art.

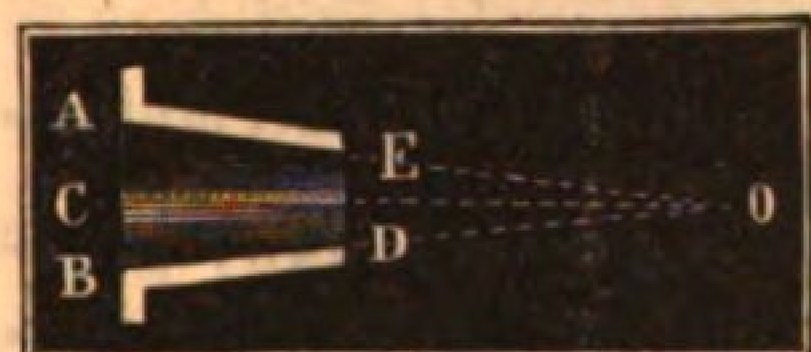
n	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
$\mu_n - \mu_0$	0,041	0,042	0,045	0,049	0,056	0,064	0,074	0,086	0,100	0,116	0,133

Fließt das Wasser nicht durch eine Oeffnung in einer dünnen Wand, sondern durch eine kurze Ansatzröhre (franz. tuyau additionel; engl. short pipe) aus, so erleiden die angeführten Gesetze des Ausflusses bedeutende Modificationen, und zwar wird im Allgemeinen die Ausflußmenge vermehrt, die Ausflußgeschwindigkeit aber vermindert, auch die Contraction des Strahles ganz oder zum Theil aufgehoben. Unter kurzen Ansatzröhren werden aber hier solche verstanden, deren Länge den Durchmesser der Oeffnung nur zwei- bis dreimal übertrifft; ist die Röhre kürzer, so bleibt sie fast ohne alle Einwirkung auf den Ausfluß. Die eigenthümliche Wirkung der Ansatzröhren tritt überhaupt nur dann ein, wenn der Ausfluß ein voller ist oder mit vollem Querschnitt (franz. à gueule-bée) stattfindet. Dies läßt sich, wenn es im Anfange des Ausflusses noch nicht der Fall sein sollte, leicht dadurch erreichen, daß man die äußere Mündung der Röhre auf kurze Zeit durch die Hand oder ein Bret verschließt, bis sich die Ansatzröhre ganz mit Wasser gefüllt hat und die darin befindliche Luft in Blasen entfernt worden ist. Daß auch beim Ausfluß durch Röhren eine Contraction des Wasserstrahles stattfindet, aber nur im Innern der Röhre, läßt sich deutlich wahrnehmen, wenn man sich gläserner Ansatzröhren bedient und dem Wasser eine Färbung giebt; es geht auch außerdem daraus hervor, daß bei einem Ansatzrohre, das die Gestalt des contrahirten Strahles hat, der Ausfluß ebenso stattfindet, als bei einem solchen, das überall gleich weit ist. Haben die Wassertheile die Stelle der größten Contraction passirt und die Röhrenwände benetzt, so bewirkt die Adhäsion des Wassers an die Röhrenwände die vollständige Anfüllung der Röhre, so daß der Querschnitt des Strahles nun vergrößert ist. Die nothwendige Folge davon ist aber eine Verminderung der Geschwindigkeit durch den Druck der Luft, welcher die sonst unvermeidliche Trennung von Wassertheilen und somit die Bildung leerer Räume verhindert.

In Betreff der Gestalt der Röhren, welche nicht ohne wesentlichen Einfluß ist, sind namentlich cylindrische und conische zu unterscheiden. Mit cylindrischen, die am häufigsten vorkommen, sind viele Versuche angestellt worden; im Mittel läßt sich für dieselben der Ausflußcoefficient $\mu = 0{,}815$ setzen, er wächst jedoch mit abnehmender Röhrenweite und Druckhöhe oder Ausflußgeschwindigkeit. Weisbach fand für Röhren, die dreimal so lang als weit waren, und für 1—4 Centim. Weite $\mu = 0{,}843$ bis $0{,}810$. Ebenso fand Buff, daß der Ausflußcoefficient von 0,825 bis 0,855 zunahm, wenn die Druckhöhe von 33 auf $1^1/_2$ Zoll sank. Sind die Ansatzröhren inwendig theilweise eingefaßt, so steigt zwar der Ausflußcoefficient nicht bedeutend, aber das Wasser fließt an verschiedenen Seiten des Querschnittes mit verschiedenen Geschwindigkeiten aus. Schief angesetzte oder abgeschnittene Ansatzröhren geben eine kleinere Wassermenge als rechtwinkelig angesetzte oder abgeschnittene. Mündet dagegen eine kurze cylindrische Ansatzröhre in eine ebene

Wand, deren Inhalt den Querschnitt der Röhre nur wenig übertrifft, so findet eine unvollkommene Contraction statt und die Ausflußgeschwindigkeit, zugleich also auch die Ausflußmenge, wird dadurch vergrößert.

Die conischen Röhren können convergirende oder divergirende sein, d. h. nach außen enger oder weiter werden. Bei den erstern sind die Ausflußcoefficienten größer, bei den letztern aber kleiner, als unter gleichen Verhältnissen bei cylindrischen Röhren. Durch conisch-convergente Röhren wird übrigens nicht nur die Ausflußmenge, sondern auch die Ausflußgeschwindigkeit vermehrt und zwar in einem Grade, der sehr wesentlich von dem Convergenzwinkel, d. i. dem Winkel, den zwei gegenüberliegende Seiten des den Ansatz bildenden abgestumpften Kegels verlängert einschließen, in nebenstehender Figur A O B, abhängt. Die genauesten Versuche dieser Art haben d'Aubuisson und Castel,

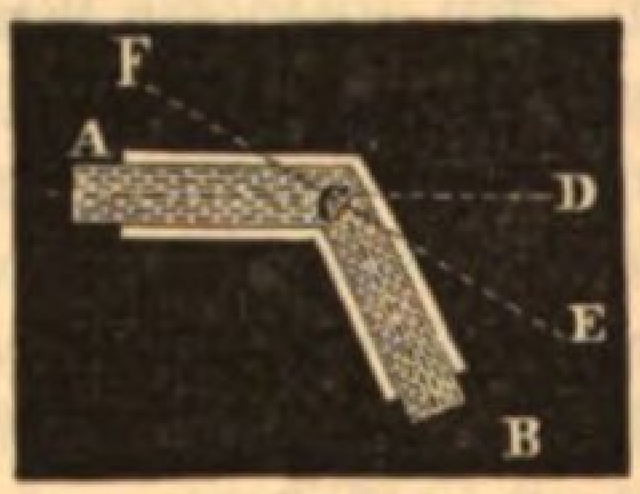


über conisch-divergente Röhren aber Venturi und Eytelwein angestellt. Aus den Versuchen der Erstern ergiebt sich, daß der Ausflußcoefficient bei $13^1/_2{}^0$ Convergenz sein Maximum 0,95 erreicht und von da an wieder abnimmt, daß dagegen der Geschwindigkeitscoefficient mit dem Convergenzwinkel unaufhörlich wächst, aber schon bei 40^0 nur noch wenig von der Einheit verschieden ist, die er jedoch erst bei 180^0 völlig erreicht.

In langen Ansatzröhren wird der Ausfluß desto mehr verzögert, je länger dieselben sind, weshalb anzunehmen ist, daß die Röhrenwände durch Reibung oder Adhäsion des Wassers an denselben die Bewegung des Wassers aufhalten. Dieser Reibungswiderstand ist unabhängig vom Drucke, aber dem Verhältnisse der Länge l zur Weite d der Röhre, also dem Quotienten $\frac{l}{d}$ und außerdem dem Quadrate der Geschwindigkeit v des Wassers proportional. Mißt man diesen Widerstand durch die Höhe h_1 einer Wassersäule, die nachher von der ganzen Druckhöhe h abzuziehen ist, um die der wirklichen Geschwindigkeit entsprechende Höhe zu geben, so kann man jene Höhe $h_1 = \frac{r\,l\,v^2}{2\,d\,g}$ setzen, wo v eine erst durch Versuche auszumittelnde Größe (den Reibungscoefficienten) bezeichnet. Aus der Wassermenge q und dem Röhrenquerschnitt $f = \frac{d^2\,\pi}{4}$ folgt $v = \frac{4\,q}{d^2\,\pi}$, also ist $h_1 = \frac{r}{2g} \cdot \left(\frac{4}{\pi}\right)^2 \cdot \frac{l\,q^2}{d^5}$. Der Reibungscoefficient ist übrigens keineswegs ganz constant, sondern bei kleinen Geschwindigkeiten größer als bei großen, und zwar ergiebt er sich nach den Versuchen von Couplet, Bossut, du Buat und Weisbach für 0,1 Meter Geschwindigkeit = 0,0443; für 1 Meter = 0,0239 und für 5 Meter = 0,0186, daher setzen Prony und Eytelwein $h_1 = (av + bv^2)\,\frac{l}{d}$, wo a und b Erfahrungscoefficienten sind, zu deren Bestimmung sie die von Couplet, Bossut und du Buat angestellten Versuche benutzten. Aus denselben fand Prony $a = 0{,}0000693$, $b = 0{,}0013932$; Eytelwein aber $a = 0{,}0000894$, $b = 0{,}0011213$. Noch genauer schließt sich den Beobachtungen die

von **Weisbach** aufgefundene Formel an: $h_1 = \left(a + \frac{b}{\sqrt{v}}\right) \frac{1 v^2}{2 \alpha g}$ (Meter), wonach also $r = a + \frac{b}{\sqrt{v}}$ ist. Für die Hülfsconstanten a und b fand er aus 63 Versuchen a = 0,01439 und b = 0,0094711.

Besondere Hindernisse treten bei gebrochenen (knieförmigen oder sogenannten gekröpften) und gekrümmten Röhren ein. Bei den erstern findet ein Verlust von Druck statt, der der Geschwindigkeitshöhe proportional ist und außerdem mit dem Bricol- oder halben Ablenkungswinkel δ (in nebenstehender Figur Winkel ACF = BCE) gleichmäßig zunimmt. Die durch das Knie verlorene Druckhöhe h_1 läßt sich durch den Ausdruck $h_1 = \frac{k v^2}{2g}$ angeben, wo k oder der Kniewiderstandscoefficient nach **Weisbach** = $0,9457 \sin \delta^2 + 2,047 \sin \delta^4$ gesetzt werden kann. Nach dieser Formel ist folgende kleine Tabelle berechnet:



δ	10	20	30	40	45	50	55	60	65	70
k	0,046	0,139	0,364	0,740	0,984	1,260	1,556	1,861	2,158	2,431

Weit geringere Hindernisse als Knieröhren geben gekrümmte Röhren. Die ihnen entsprechenden Widerstandshöhen wachsen gleichfalls wie das Quadrat der Geschwindigkeit, zugleich aber wie der Ablenkungs- oder Krümmungswinkel β und lassen sich durch die Formel $h_1 = k \frac{\beta}{180} \cdot \frac{v^2}{2g} = k \frac{\beta}{\pi} \cdot \frac{v^2}{2g}$ ausdrücken (je nachdem β in Graden oder in Theilen des Halbmessers ausgedrückt ist). Der entsprechende Widerstandscoefficient k hängt noch von dem Verhältnisse der Röhrenweite zum Krümmungshalbmesser der Röhrenaxe ab und ist um so kleiner, je kleiner dieses Verhältniß ist. Nach **Weisbach**'s Untersuchungen ist für Röhren mit kreisförmigen Querschnitten $k = 0,131 + 1,847 \left(\frac{r}{R}\right)^{7/2}$ und für solche mit quadratischen Querschnitten $k = 0,124 + 3,104 \left(\frac{r}{R}\right)^{7/2}$, wo r die halbe Röhrenweite und R den Krümmungshalbmesser bedeutet.

Die Röhenleitungen münden entweder unter Wasser oder unter freier Luft; das Erstere pflegt dann der Fall zu sein, wenn eine Röhre nach der Ausmündung hin stark fällt und daher ein Eindringen von Luft stattfinden würde, wenn man nicht jene unter Wasser münden ließe. Mündet eine Röhrenleitung in freier Luft aus und zwar so, daß die Mündung horizontal und aufwärts gerichtet ist, so giebt sie einen springenden Wasserstrahl (franz. jet d'eau; engl. jet of water). Daß derselbe sich niemals bis zum Niveau des Wassers im Zuflußbehälter (Sammel- oder Einfallkasten) erhebt, wie der Fall sein müßte, wenn das Wasser keine Hindernisse zu überwinden hätte, ist schon oben bemerkt worden. Jedenfalls aber steigt er desto höher, je größer die Geschwindigkeit ist, mit welcher das Wasser ausströmt; ist diese = v, so müßte ohne Rücksicht auf den Widerstand der Luft der

Strahl die Höhe $h_1 = \frac{v^2}{2g}$ erreichen, welche man die theoretische Sprunghöhe nennt. Die größte Ausflußgeschwindigkeit erhält man durch Mündungen in einer dünnen Wand, die auch einen völlig durchsichtigen Strahl liefern, während derselbe bei cylindrischen Ansatzröhren ganz trübe, bei conischen Ansatzröhren mehr oder weniger trübe ausfällt; da aber der Wasserstrahl bei Mündungen der ersten Art Knoten und Bäuche bildet und von der äußern Luft leicht zertheilt wird, so zieht man längere, conisch-convergente Ansatzröhren vor und bringt dieselben bei Springbrunnen und Feuerspritzen vorzugsweise zur Anwendung. Je länger aber diese Mundstücke oder Gußröhren sind, desto größer ist der in ihnen hervorgebrachte Druckverlust; ist z. B. die Länge eines Gußrohres 20 Mal so groß als die mittlere Weite desselben, so gehen etwa 32 Procent von der Steighöhe verloren, und meistens sind diese Röhren noch viel länger. — Die wirkliche Sprunghöhe ist stets kleiner als die theoretische. Setzt man letztere = s, so ist erstere nach d'Aubuisson $s_1 = s - 0{,}01\ s^2$ für Metermaß oder $= s\ (1 - 0{,}00314\ s)$ für preuß. Fuß. Demnach geht bei großen Geschwindigkeiten oder theoretischen Steighöhen verhältnißmäßig mehr Höhe verloren als bei kleinen. Uebrigens ergiebt sich aus den Versuchen von Mariotte und Bossut, daß unter gleichen Umständen starke Strahlen höher steigen als schwache. Daß der Widerstand des zurückfallenden Wassers durch eine etwas schiefe Richtung, die man dem Strahl giebt, sehr vermindert werden kann, ist bereits oben bemerkt worden.

Verändert sich der Querschnitt einer Röhre oder eines Ausflußgefäßes, indem er weiter oder enger wird, so ändert sich auch die Ausflußgeschwindigkeit, die immer dem Querschnitte des Wasserstromes umgekehrt proportional ist, also desto kleiner, je weiter das Gefäß, und desto größer, je enger das Gefäß. Sind die Verengungen oder Erweiterungen abgerundet, so haben sie keinen merklichen Einfluß, der jedoch stets eintritt, wenn jener Fall nicht stattfindet. Jede plötzliche Veränderung der Geschwindigkeit ist auch mit einem Verluste an Druckhöhe verbunden; ist der Querschnitt der einen Röhre f, der der andern f_1, so ist der Widerstandscoefficient $= \left(\frac{f}{f_1} - 1\right)^2$. Tritt das Wasser aus einem Gefäße in eine engere Röhre durch eine Scheidewand, deren Oeffnung noch kleiner als der Querschnitt der Röhre ist, so tritt gleichfalls eine plötzliche Veränderung der Geschwindigkeit ein; ist der Inhalt der Röhre f, der Verengung f_1 und α der Contractionscoefficient, so ist der Widerstandscoefficient $= \left(\frac{f}{\alpha f_1} - 1\right)^2$, also ohne Scheidewand $= \left(\frac{1}{\alpha} - 1\right)^2$. Ist hierbei der Querschnitt des Gefäßes oder des ankommenden Wasserstromes im Vergleich zu dem Querschnitt der Verengung nicht sehr groß, so ist die Contraction nur unvollkommen, also der Widerstandscoefficient kleiner als im angegebenen Falle, und durch Abrundung der Kanten läßt er sich noch mehr vermindern. Um den Ausfluß des Wassers aus Röhren und Gefäßen zu reguliren, wendet man Schieber, Hähne, Klappen und Ventile an, wodurch Verengungen erzeugt werden, über deren Einfluß namentlich Weisbach genaue Versuche angestellt hat.

Die Lehren über den Widerstand des Wassers beim Durchgang desselben durch Verengungen finden ihre Anwendung auch bei dem Ausflusse durch

zusammengesetzte Gefäße. Stehen z. B. drei communicirende Gefäße A, A_1 und A_2 übereinander, getrennt durch Scheidewände mit Oeffnungen, so daß das Wasser aus A in A_1 durch die Mündung F, aus A_1 in A_2 durch die Mündung F_1 und aus A_2 durch die Mündung F_2 fließt, ist h die Tiefe der letztern unter dem Wasserspiegel und sind z, z_1, z_2 die bei F, F_1, F_2 stattfindenden Widerstandscoefficienten, so ist die Ausflußgeschwindigkeit durch f_2: $v = \sqrt{\frac{2gh}{1+z+z_1+z_2}}$. Sind g, g_1, g_2 die Querschnitte der Gefäße, so ist $z = \left(\frac{g_1}{\alpha f} - 1\right)^2$ und $z_1 = \left(\frac{g_2}{\alpha f_1} - 1\right)^2$. Die Druckverluste, welche das Wasser in einer Röhrenleitung durch Verengungen, Reibung ꝛc. erleidet, werden durch Wassersäulen gemessen, welche sich in besondern dazu eingerichteten, senkrecht aufgesetzten Röhren erhalten, die man Piëzometer nennt (s. d. Art.).

Bisher haben wir die Druckhöhe als constant angenommen. Sie ist aber veränderlich, wenn das Gefäß, aus welchem das Wasser ausfließt, von oben gar keinen Zufluß erhält oder derselbe größer oder kleiner ist als der Abfluß durch die Mündung. Hierbei ist nun zu untersuchen, wie das Steigen oder Sinken des Wasserspiegels in Hinsicht auf die Zeit von statten geht, z. B. in welcher Zeit ein Gefäß von gegebener Form sich leert, wenn gar kein Zufluß stattfindet. Hierbei kann zunächst eine prismatische Gestalt der Gefäße vorausgesetzt werden, da dieselbe am häufigsten vorzukommen pflegt. Der Ausflußcoefficient ändert sich während des Ausflusses, jedoch nicht bedeutend, man kann daher denjenigen zum Grunde legen, welcher dem arithmetischen Mittel zwischen der größten und kleinsten vorkommenden Druckhöhe entspricht. Ist die Druckhöhe über der Mündung = h und sind a und A die Querschnitte der Mündung und des Gefäßes, so ist die zum Ausleeren des Gefäßes, wenn dasselbe gar keinen Zufluß erhält, erforderliche Zeit $t = \frac{2A\sqrt{h}}{a\sqrt{2g}}$ oder mit Berücksichtigung der Contraction $= \frac{2A\sqrt{h}}{\mu a\sqrt{2g}}$. Die Zeit aber, während welcher die Druckhöhe von h auf h_1 fällt, ist $t_1 = \frac{2A}{\mu a\sqrt{2g}}(\sqrt{h} - \sqrt{h})_1$. Mittelst dieser Formel läßt sich auch die einer gegebenen Zeit t_1 entsprechende Senkung $h - h_1$, sowie die Oeffnung a berechnen, welche nöthig ist, damit das Wasser in einer gegebenen Zeit t_1 um $h - h_1$ sinke. Weit schwieriger ist die Berechnung, wenn das Gefäß von oben Zufluß erhält, und in der Regel muß man sich dann mit genäherten Bestimmungen begnügen. Ist dann die anfängliche Druckhöhe h, die am Ende der Zeit t stattfindende h_1, die in einer Secunde zufließende Wassermenge = m, während A, a ihre Bedeutung behalten, so ist für ein prismatisches Gefäß $t = \frac{2A}{\mu a\sqrt{2g}}\left(\sqrt{h} - \sqrt{h_1} + \frac{m}{\mu a\sqrt{2g}} \text{ Log. nat. } \frac{\mu a\sqrt{2gh} - m}{\mu a\sqrt{2gh_1} - m}\right)$.

Aus der reichhaltigen Literatur über den Ausfluß des Wassers führen wir hier folgende Schriften als die bedeutendsten an:

Torricelli del moto dei gravi 1644 (enthält das Grundgesetz über den Ausfluß des Wassers aus Gefäßen, nach welchem die Ausflußgeschwindigkeit wie die Quadratwurzel aus der Druckhöhe wächst, und widerlegt die Behauptung des

Benedictiners Castelli, aufgestellt in der Schrift della misura delle acque correnti, nach welcher die Ausflußgeschwindigkeit der Druckhöhe selbst proportional sein soll).

Mariotte, traité du mouvement des eaux. 1686. Deutsch von Meinig. Leipz. 1723.

Gulielmini, de mensura aquarum fluentium und de fluviis et castellis aquarum. S. Nuova raccolta d'autori, che trattano del moto dell' acque. Parma 1766.

Traité du mouvement et de la mesure des eaux coulantes et jaillissantes, tiré des ouvrages manuscrits de feu Mr. Varignon par l'abbé Pujol. Paris 1725.

Jac. Hermann, phoronomia. Amsterdam 1716.

Joh. Bernoulli, hydraulica, 1732. — Desselben hydrodynamica. Straßburg 1738. (Johann Bernoulli und dessen Sohne Daniel B. verdanken wir die theoretische Begründung des Ausflußgesetzes.)

d'Alembert, traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. Par. 1744.

Kästner, Anfangsgründe der Hydrodynamik. Gött. 1797.

du Buat, principes d'Hydraulique. Paris 1786. 2 Bde.

Ch. Bossut, traité théorique et expérimental d'hydrodynamique (deutsch von Langsdorf).

d'Aubuisson de Voisins, traité d'hydraulique. Par. 1834. 2. Ausg. 1840.

Neue Architectura hydraulica von Prony, übers. von Langsdorf. 1795.

Belidor, architecture hydraulique. Nouv. édit. par Navier. Par. 1819.

Michelotti, sperimenti idraulichi; deutsch von Zimmermann mit Anm. von Eytelwein, unter dem Titel: Franc. Domin. Michelotti's hydraulische Versuche. Berlin 1808.

Venturi, recherches expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement des fluides. Paris 1797. Uebers. in Gilbert's Ann. d. Phys. Bd. II. u. III.

Bidone's Abhandlungen in den Memorie della Reale Accademia delle scienze di Torino, T. XXVII. XXVIII. XXXIV. XL.

Expériences hydrauliques sur les lois de l'écoulement de l'eau par Poncelet et Lesbros. Paris 1832.

D'Aubuisson's und Castel's Versuche, s. Ann. de chim. et de phys. T. XLIV. LXII. Annales des ponts et chaussées. I. Série. 1. Semestre. 1837. Annales des Mines. III. Sér. T. XIV.

Buff, über das Phänomen der Contraction bei der Bewegung flüssiger Körper durch enge Oeffnungen der Gefäße, s. Pogg. Ann. Bd. XLVI.

Ant. Tadini, del movimento e della misura delle acque correnti. Mailand 1816.

Th. Young, hydraulic investigations on the friction and discharge of fluides running in pipes. Phil. Trans. 1808.

Theoretisch-practische Abhandlung über die Leitung des Wassers in Canälen und Wasserleitungen von Prony, a. d. Franz. von Langsdorf. Gießen 1812.

d'Aubuisson de Voisins, traité du mouvement de l'eau dans les tuyaux des conduits. 2. éd. Paris 1836.

Jul. Weisbach, Versuche über die unvollkommene Contraction des Wassers beim Ausfluß desselben aus Röhren und Gefäßen. Leipzig 1843.

B. Ausfluß der Luft. Die Gesetze des Ausflusses der Luft sind von den für den Ausfluß der tropfbaren Flüssigkeiten geltenden deshalb wesentlich verschieden, weil mit dem Ausflusse der Luft stets eine Ausdehnung derselben verbunden ist, die bei dem Wasser und den tropfbaren Flüssigkeiten überhaupt ihrer Natur nach nicht eintritt. Bezeichnet man die Spannung der in einem Gefäße eingeschlossenen Luft mit p, die der äußern Luft mit p_1, die Geschwindigkeit der durch eine kleine Oeffnung ausströmenden Luft mit v, die Dichtigkeit der innern Luft mit γ, so ist $v^2 = 2g\,\frac{p}{\gamma}$ log. nat. $\left(\frac{p}{p_1}\right)$. Ist h der den Ueberschuß der innern Spannung über die Spannung der äußern Luft messende Manometerstand und b der Barometerstand der äußern Luft, so ist $p:p_1 = b+h:b$, also $v^2 = 2g\,\frac{p}{\gamma}$ log. nat. $\frac{b+h}{b}$ oder annährend für kleine Differenzen der innern und äußern Spannung $v^2 = 2g.\frac{p}{\gamma}\,\frac{h}{b}$. Für $h = 0$ oder $p = p_1$ ist offenbar auch $v = 0$ und ein Ausfluß ist dann gar nicht möglich. Ist t die Temperatur der eingeschlossenen Luft, so kann man für atmosphärische Luft setzen $\frac{p}{\gamma} = 7954{,}2\ (1 + 0{,}00364\ t)$, für Wasserdampf $\frac{p}{\gamma} = 12776{,}3\ (1 + 0{,}00364\ t)$. Hieraus erhellt, daß die Ausflußgeschwindigkeit der Quadratwurzel aus der Dichtigkeit der ausströmenden Luft umgekehrt proportional ist und bei unveränderlicher Spannung mit der Temperatur zunimmt. Ist a der Inhalt der Mündung, so ist die in jeder Secunde ausströmende theoretische Luft- oder Windmenge von der Spannung der äußern Luft $m_1 = av$, mithin die auf die innere Spannung reducirte Luftmenge $m = \frac{p_1}{p} m_1 = \frac{p_1}{p} av$.

Bisher ist vorausgesetzt worden, daß das Gefäß sehr weit ist und daher die Luft im Innern desselben ohne meßbare Geschwindigkeit sich bewegt. Ist dies nicht der Fall und der Querschnitt des Gefäßes = A, so kommt die Luft mit einer Geschwindigkeit $c = \frac{a\,p_1}{A\,p}\,v$ vor der Mündung an, die nur für ein sehr großes A verschwindend klein ist; dann ist $v^2 = \dfrac{2g\,\frac{p}{\gamma}\ \text{log. nat.}\ \frac{p}{p_1}}{1 - \left(\frac{a\,p_1}{A\,p}\right)^2}$.

Erhält der Luftbehälter keinen Zufluß, während das Ausströmen ununterbrochen fortdauert, so nimmt die Dichtigkeit und Spannung, somit aber auch die Ausflußgeschwindigkeit immer mehr ab. Sobald sich die Mündung in einer dünnen ebenen Wand befindet, so wird die theoretisch bestimmte Ausflußmenge durch die Contraction des ausströmenden Luftstrahles merklich vermindert und muß daher,

um die wirklich ausströmende Luftmenge m_2 zu geben, noch mit einem gewissen Ausflußcoefficienten μ multiplicirt werden. Um diesen zu bestimmen, haben namentlich Schmidt, Koch, Lagerhjelm und d'Aubuisson des Voisins Versuche angestellt. Aus denen von Koch *), welche als die vorzüglichsten im Großen angestellten anzusehen sind, folgt für eine Druckhöhe von 0,15 bis 5,79 Fuß ein Ausflußcoefficient von 0,57 bis 0,605; den größten 0,605 geben sie bei einem Manometerstand von 0,15 bis 0,3 Fuß; den kleinsten bei einer Druckhöhe von $4^1/_2$ bis 6 Fuß; bei großen Druckhöhen scheint demnach eine stärkere, bei kleinen eine schwächere Contraction stattzufinden. Aus Schmidt's nur im Kleinen ausgeführten Versuchen **) folgt ein mittlerer Ausflußcoefficient von 0,53, welcher aber bei größern Druckhöhen etwas größer zu sein scheint als bei kleineren. Größere, aber minder zuverlässige Ausflußcoefficienten findet d'Aubuisson des Voisins; nach diesem beträgt der mittlere 0,64. Nach allen angestellten Versuchen läßt sich mit Weisbach vermuthen, daß der Coefficient nur bei sehr schwacher Pressung oder niedrigem Barometerstande dem Ausflußcoefficienten des Wassers 0,62 gleich kommt, und desto kleiner ausfällt, je größer die Druckhöhe ist; für Manometerstände von $^1/_{200}$ bis $^1/_5$ Atmosphäre läßt sich nach Weisbach's Berechnungen der Koch'schen Versuche im Mittel $\mu = 0{,}58$ setzen.

Wichtiger als der Ausfluß durch Mündungen in der dünnen Wand ist für die practische Anwendung, namentlich in der Metallurgie, der durch kurze conische und cylindrische Ansatzröhren, wobei aber die Versuche von Koch und d'Aubuisson noch mehr von einander abweichen. Nach Schmidt ist der Coefficient für kurze cylindrische Ansatzröhren beinahe 0,7, bei conischen aber größer, und zwar geben letztere eine größere Ausflußmenge, wenn die weite Mündung nach außen gerichtet wird, ganz wie bei dem Ausflusse des Wassers. Die Versuche Koch's geben nach Buff's Berechnung ***) Coefficienten zwischen 0,63 und 0,74 (erstern für einen Wasserdruck von 6 Fuß, letztern für einen Druck von etwa $^1/_2$ Fuß); nach einer von Weisbach angebrachten Correction aber zwischen 0,71 und 0,76 und im Mittel $\mu = 0{,}74$ für eine Weite, die höchstens 6 mal in der Länge enthalten ist. Hiernach stimmen die Versuche von Schmidt mit denen von Koch sehr befriedigend überein; dagegen giebt aber d'Aubuisson †), der sich wahrscheinlich einer unrichtigen Formel bediente, den Coefficienten für kurze cylindrische Ansatzröhren = 0,92 bis 0,93. Für conisch-convergente Ansatzröhren fand d'Aubuisson Coefficienten zwischen 0,78 und 0,96, Koch aber zwischen 0,77 und 0,88; nach des Letztern Versuchen, die jedenfalls größeres Zutrauen verdienen, giebt eine Röhre von 6° Convergenz und einer Länge, die das 10—12fache der Weite ist, den größten Coefficienten 0,85 bis 0,88. Conisch-divergente Röhren geben größere Ausflußcoefficienten, als conisch-convergente, wenn man dieselben auf die engere Einmündung bezieht.

Ueber den Ausfluß der Luft durch lange Röhren oder die Bewegung der Luft in Röhrenleitungen hat Navier ††) die erste gründliche Theorie aufge-

---

*) Studien des göttingischen Vereins bergmännischer Freunde. Bd. I. (1824.)

**) Gilb. Ann. d. Physik. Bd. VI.

***) Studien des götting. Vereins. Bd. IV. (1837.) — Pogg. Ann. Bd. XXXVII.

†) Pogg. Ann. Bd. XL.

††) Ann. de chim. et de phys. T. XXIV. Annales des mines. 2me Sér. T. VI.

stellt. Durch die Bewegung an der Röhrenwand erleidet die Luft einen Widerstand oder ein Hinderniß, mithin einen Verlust an Druck; dieser Widerstand läßt sich durch die Höhe einer Luftsäule messen, die man $= k. \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$ setzen kann, wo v die Geschwindigkeit, l die Länge, d die Weite der Röhre und k einen durch Versuche zu bestimmenden Widerstandscoefficienten bezeichnet, dem man nach den angestellten Versuchen den mittleren Werth 0,024 beilegen kann. Ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft an der Ausmündung ankommt, $= v_1$, während v diejenige bezeichnet, mit welcher die Luft in der Röhre fortzufließen anfängt, so ist der in der Röhre erlittene Verlust an Geschwindigkeitshöhe $= \frac{v_1^2 - v^2}{2g}$; zugleich aber läßt sich, wenn die mittlere Geschwindigkeit der Luft in der Röhre mit u bezeichnet wird, der durch den Röhrenwiderstand herbeigeführte Verlust $= \frac{A l u}{d} + \frac{B l u^2}{d}$ setzen, wo A und B Erfahrungscoefficienten sind, die durch Versuche bestimmt werden müssen. Ungleich einfacher gestaltet sich diese Aufgabe, wenn man A ganz vernachlässigt, also annimmt, daß der Röhrenwiderstand mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst. Thut man dies, so kann man nach Messung der Ausflußmenge m_1, des Manometerstandes h, ferner der Weite und Länge der Röhre den Widerstandscoefficienten B aus der Formel $B = \left(\frac{\pi}{4 m_1}\right)^2 \frac{h d^5}{l}$ berechnen.

Aus den Versuchen, welche Girard und Cagniard de la Tour mit Steinkohlengas und atmosphärischer Luft angestellt haben *), ergeben sich folgende Hauptresultate: 1) das Steinkohlengas und die atmosphärische Luft bewegen sich in Röhrenleitungen vollkommen nach gleichen Gesetzen; 2) der Widerstand wächst gleichmäßig mit dem Quadrate der mittlern Geschwindigkeit und mit der Länge der Röhrenleitung. Der Coefficient B ergab sich im Mittel = 0,00130, nicht sehr abweichend von dem Coefficienten für die Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen.

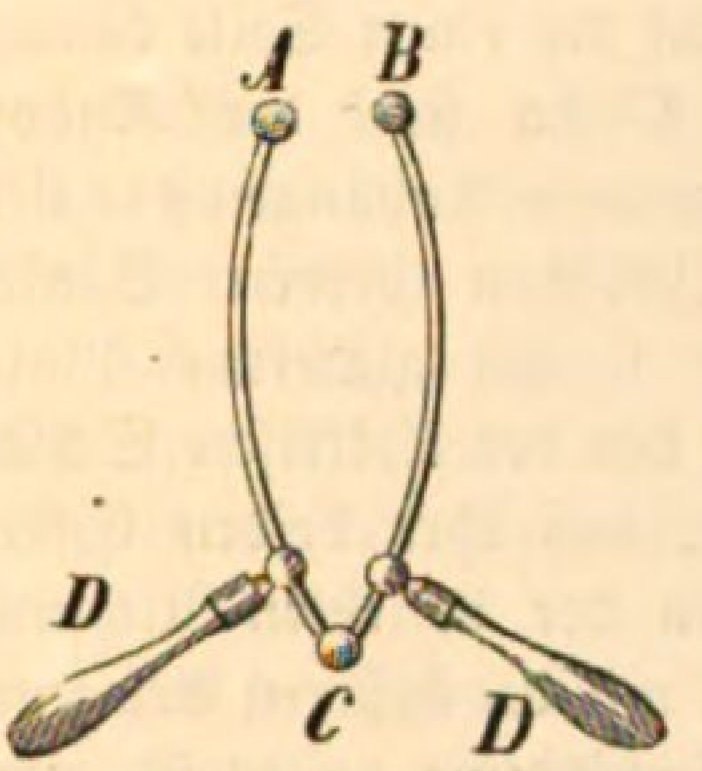
Die wichtigsten Versuche, um die Gesetze der Bewegung der Luft in Röhren zu bestimmen, sind die von d'Aubuisson**) und Buff***) angestellten. Dieselben beobachteten die Manometerstände H, h am Anfang und Ende der Röhrenleitung und bestimmten daraus allein den Röhrenwiderstand. Hierzu dient folgende Formel, wo d_1 den Durchmesser der Mündung und μ_1 den Ausflußcoefficienten bezeichnet: $B = \frac{1}{2g \mu_1^2} \left(1 - \left[\frac{d_1}{d}\right]^4\right) \left(\frac{H-h}{h}\right) \frac{d^5}{l d_1^4}$ oder für enge Mündungen $B = \frac{1}{2g \mu_1^2} \left(\frac{H-h}{h}\right) \frac{d^5}{l d_1^4}$. Nimmt man mit Weisbach $\mu_1 = 0,862$ an, so ergiebt sich aus d'Aubuisson's Versuchen für eine $0,10^m$ weite Röhre und $0,05^m$ weite Mündung B = 0,001466; für eine $0,03^m$ weite Mündung B =

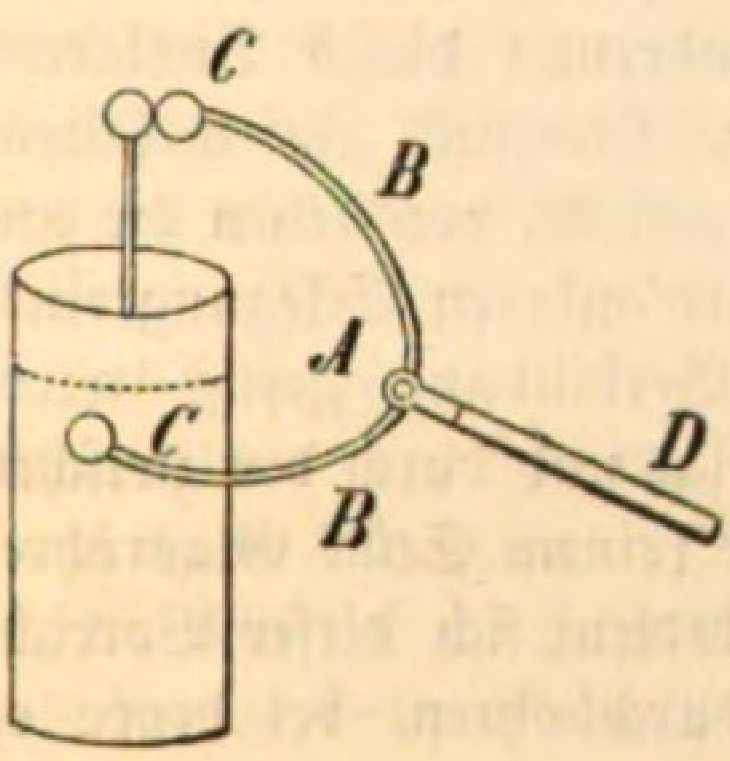
*) Ann. de chim. et de phys. T. XVI. Pogg. Ann. Bd. II.
**) Annales des Mines. 2me Sér. T. III.
***) Studien des götting. Vereins bergmännischer Freunde. Bd. IV.

0,00153; für eine 0,05^m weite Röhre und 0,03^m weite Mündung B = 0,00154; für eine 0,0235^m weite Röhre und 0,02^m weite Mündung 0,00803. Mit Weglaſſung des zu ſehr abweichenden letzten Werths geben die drei andern das arithmetiſche Mittel B = 0,00151. M.

Ausladeelektrometer, ſ. Auslader.

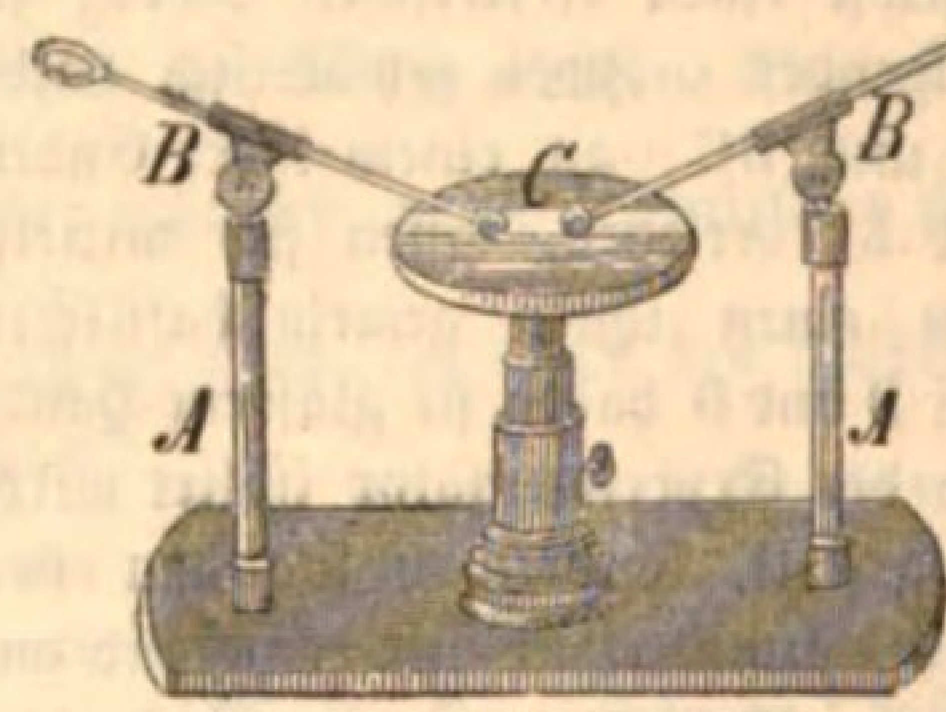
Auslader oder Entlader (lat. excitator electricus, franz. excitateur, arc conducteur; engl. discharging rod) iſt ein Inſtrument, deſſen man ſich bedient, um den elektriſchen Funken auszuziehen und geladene elektriſche Flaſchen und Batterieen zu entladen. Da es hierbei bloß darauf ankommt, zwei Leiter mit einander in leitende Verbindung zu ſetzen, ohne zugleich ſelbſt einen elektriſchen Schlag zu erhalten, ſo iſt ein ſehr einfacher Entlader folgender. Zwei gewöhnlich halbmondförmig gekrümmte ſtarke Metalldrähte AC und BC, an einem ihrer Enden mit Knöpfen (A und B) verſehen, laſſen ſich mittelſt eines Charniers um einen ihnen gemeinſchaftlichen Punkt C drehen; bei D und D haben ſie gläſerne Handhaben, durch welche der Experimentator iſolirt wird. Fände keine Iſolirung ſtatt, ſondern wollte man etwa die Drähte AC und BC unmittelbar mit der Hand anfaſſen, ſo würde man bei Entladung ſtarker Batterieen eine Erſchütterung erhalten und zwar eine um ſo ſtärkere, je dünner die Drähte des Ausladers wären, indem ſie dann der Elektricität keine vollkommene Leitung darzubieten vermöchten. Ein anderer häufig gebrauchter Auslader beſteht aus einem gläſernen Handgriffe D und zwei krummen, etwa eine Linie dicken Meſſingdrähten BB, die ſich um das Charnier A, das ſich an der meſſingenen Kappe des gläſernen Handgriffes befindet, bewegen laſſen. Die Drähte ſind zugeſpitzt und auf ihren Spitzen ſtecken die Kugeln CC, die eingeſchraubt ſind und die man nach Gefallen abſchrauben kann. Beim Gebrauche faßt man das Inſtrument an dem Handgriffe an, giebt den beiden Armen die geeignete Stellung, d. h. diejenige, bei welcher die beiden Kugeln ſo weit von einander abſtehen, daß man mit der einen den poſitiv-elektriſchen Theil des Apparates, mit der andern den negativ-elektriſchen erreichen kann, berührt diejenige Seite der geladenen Flaſche oder Scheibe, welche mit dem Erdboden in Verbindung ſteht und in welcher alſo keine freie elektriſche Spannung iſt, mit dem einen Knopfe und nähert den andern Knopf derjenigen belegten Seite, von welcher die Ladung ausgegangen iſt, oder irgend einem Leiter, der mit derſelben in Verbindung ſteht, worauf dann bei hinlänglicher Annäherung der elektriſche Schlag, d. i. das Ueberſpringen des Funkens durch die Luft ſtattfindet und die Flaſche entladen wird, ohne daß die Hand den Schlag fühlt. Bei der Entladung einer Batterie pflegt man den Haken an der Seite des Kaſtens, worin die Flaſchen ſtehen, welcher mit der äußern Belegung verbunden iſt, durch einen Draht oder eine Kette mit dem einen Arme des Ausladers zu verbinden, worauf der andere Arm mit ſeinem Knopfe einem der Stäbe genähert wird, welche



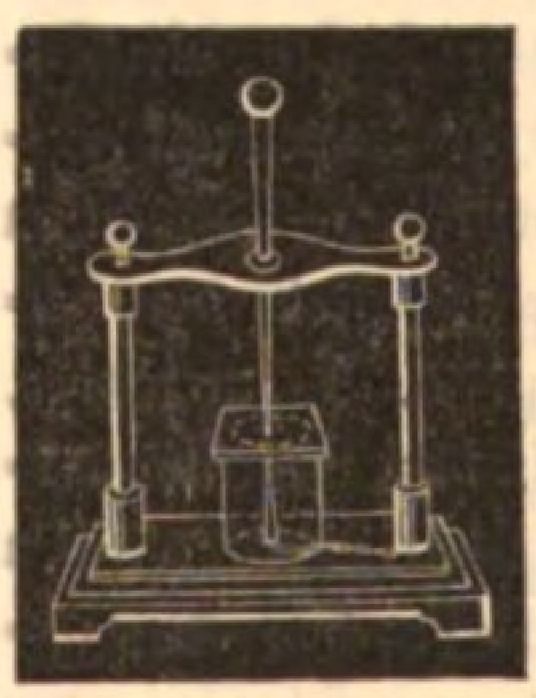


die inneren Seiten der Flasche mit einander verbinden. Zur Entladung seiner Riesenbatterieen bediente sich van Marum eines ähnlichen Ausladers in großem Maßstabe. Will man eine stille Entladung ohne Funken und Schlag, so schraubt man die Kugel von dem einen Arme ab und nähert die frei gewordene Spitze desselben derjenigen Belegung, auf welcher die freie elektrische Spannung ist.

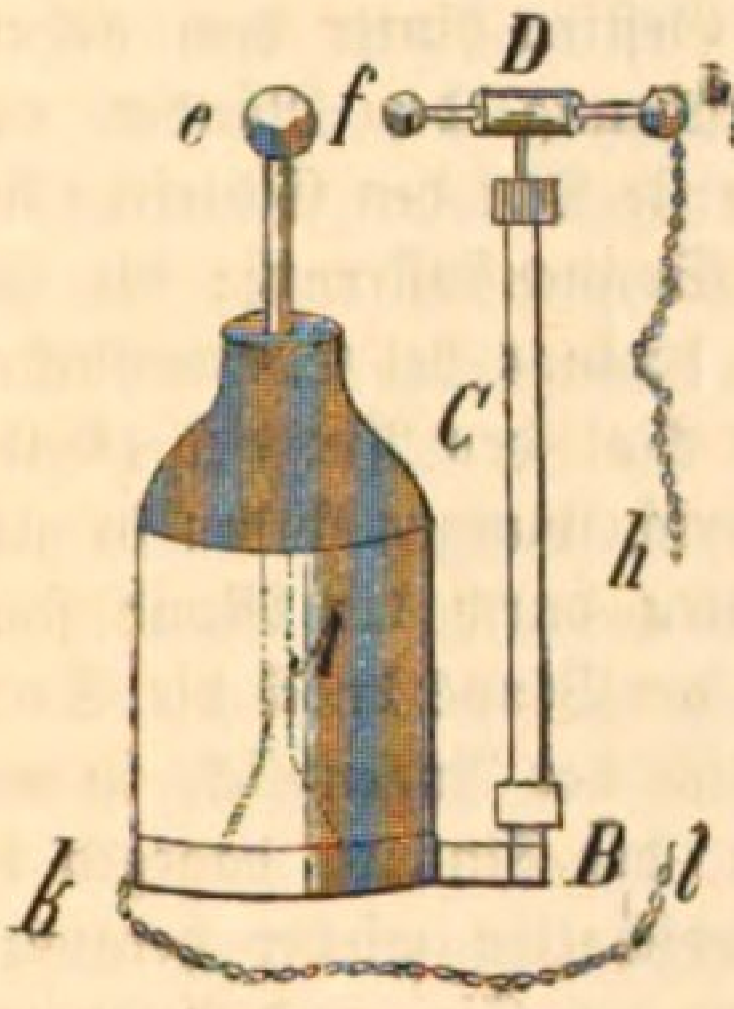
Um einen elektrischen Schlag durch einen bestimmten Körper gehen zu lassen, bedient man sich vortheilhaft des Henley'schen oder allgemeinen Ausladers. Dieser besteht aus zwei gläsernen Säulen AA, welche oben metallene Fassungen mit Kugelcharnieren BB haben. Durch diese gehen metallene, mit Knöpfen (die indeß auch abgeschraubt werden können) versehene, an den Enden zugespitzte Drähte, welche verschiebbar und mittelst der Charniere ihrer Fassungen beweglich sind. Auf der einen Seite können diese Stäbchen Oesen statt der Knöpfe haben, zum bequemern Anhängen der Leitungsdrähte. Zwischen beiden Säulen ist ein Tischchen C mit gläserner Platte angebracht. Auf dieses Tischchen wird der Körper, durch den der elektrische Schlag geleitet werden soll, befestigt, die Metalldrähte so gestellt, daß ihre beiden Enden einander so gegenüberstehen, daß der Funke durch sie in der beliebten Richtung durch den Körper gehe, und nun, während der eine Draht mit der äußeren Belegung einer Flasche oder Batterie (z. B. durch eine Kette) in Verbindung gesetzt ist, wird der andere Draht mit der inneren Belegung mittelst eines gewöhnlichen Ausladers in Verbindung gebracht. Das Tischchen ist so eingerichtet, daß es nach Belieben höher und niedriger gestellt werden kann.



Eine Abänderung dieses Ausladers stellt die nebenstehende Zeichnung vor. Hier sind zwei metallene Spitzen senkrecht einander gegenüber gestellt, von denen die untere mit der einen, die andere mit der anderen Belegung einer Flasche oder Batterie in leitende Verbindung gesetzt wird, damit der Schlag zwischen beiden erfolgt und durch den zwischen ihnen auf dem isolirenden Untersatze (einem Stück Glasröhre) liegenden Körper durchgeht. Man bedient sich dieser Vorrichtung namentlich um Glastafeln zu durchbohren, bei denen es nöthig ist, daß der Schlag möglichst auf einem Punkt concentrirt ist. Die Spitzen müssen einander genau gegenüber stehen. Die Glasplatte pflegt man, damit der Versuch besser gelinge, mit einer dünnen Oelschicht zu überziehen.



Mit Lane's Auslader oder Ausladeelektrometer kann man sich immer gleich starke Ladungen verschaffen. Dieser besteht aus einer Leidner Flasche A, mit welcher eine Glasstange C unten bei B in Verbindung gesetzt ist. Diese hat bei D eine Fassung, durch welche ein Draht fg geht, der an dem einen Ende eine Kugel f, am anderen Ende einen Haken g hat, in dem eine Kette gh hängt. Die Glasstange C muß so hoch sein, daß f dem Knopfe e der Flasche gegenüber zu stehen kommt. Der Draht fg ist in der Fassung D verschiebbar und mit einer Eintheilung bezeichnet, so daß man genau bestimmen kann, um wie viel



man den Knopf f an e genähert habe. Von der äußern Belegung der Flasche geht eine andere Kette k l aus. Werden nun beide Ketten k l und g h mit einander in Verbindung gesetzt, so ist die Elektricität der innern und äußeren Belegung der Flasche nur durch den Raum zwischen den Knöpfen f und e getrennt, und der Funke wird von selbst überspringen, sobald die Flasche die hierzu erforderliche Stärke der Ladung erhalten hat. So lange die Verbindung von g mit der äußeren Belegung der Flasche gleich gut und der Knopf f in derselben Entfernung vom Knopfe e bleibt, wird der elektrische Schlag stets dieselbe Stärke haben. Die Schläge sind desto stärker, je weiter die beiden Knöpfe von einander abstehen. Man kann die Ketten g h und k l ersparen, wenn der Stab C nicht von Glas, sondern, wie die Fassung, welche ihn unten (bei B) mit der äußern Belegung der Flasche verbindet, von Metall ist.

Auslaugen ist eine chemische Operation, welche darin besteht, daß man mittelst einer Flüssigkeit die in derselben auflöslichen Substanzen in einem Gemenge verschiedener Verbindungen von den unlöslichen trennt; sie ist in dieser Hinsicht gleichbedeutend mit dem sogenannten Auswaschen oder Aussüßen, nur daß man bei der Operation des Auslaugens, die von der Darstellung einer Lauge, namentlich aus der Pflanzenasche, ihren Namen hat, in der Regel den unlöslichen Rückstand unbenutzt läßt, wie es z. B. bei dem Auslaugen der Asche, der Salpetererde, der Alaunerde 2c. der Fall ist, während man bei dem Auswaschen, einer in der chemischen Analyse so häufig in Anwendung kommenden Operation, ebenso oft den Rückstand als die Auflösung und in der Regel beide zum Gegenstande fernerer Benutzung und Untersuchung macht. Man bedient sich zur Ausführung dieser Operationen verschiedener Vorrichtungen, die je nach den Umständen sehr verschieden construirt sein können; bei analytischen Untersuchungen pflegt man den gebildeten Niederschlag, um ihn von der Flüssigkeit vollständig abzuscheiden, auf ein Filtrum zu bringen und gießt, nachdem die Lösung durch das Filtrum hindurch gegangen ist, die Flüssigkeit, die man zum Aussüßen anwendet und die nach der Beschaffenheit der in Behandlung genommenen Substanzen verschiedener Art sein kann, wie Wasser, Alkohol, Aether 2c., über den auf dem Filtrum gebliebenen Rückstand und erneuert dieselbe, wenn sie abgelaufen ist, so oft, bis man die Trennung der auflöslichen von den löslichen Verbindungen vollständig bewirkt hat, wovon man sich z. B. überzeugen kann, wenn man einige Tropfen der durch das Filtrum gehenden Flüssigkeit auf reinem Platinblech langsam verdampfen läßt und nach dem Glühen keine Spur von feuerbeständigen Substanzen mehr zurückbleibt. E. W.

Auspressen ist eine mechanische Operation, bei welcher die flüssigen Theile mittelst angewandten Druckes von den festen Theilen gesondert werden; man bedient sich dabei theils der Hände, theils der Pressen. E. W.

Australschein, s. Polarlicht.

Austritt und Eintritt eines Gestirns. In dem Augenblicke, wo für einen gewissen Beobachtungsort ein entfernteres Gestirn durch ein näheres bedeckt zu

zu werden anfängt, findet der Eintritt des nähern Gestirns statt, dessen Austritt dagegen in dem Augenblicke, wo das entferntere Gestirn hinter dem nähern wieder hervorzutreten beginnt. Die äußere Berührung der Ränder von Sonne und Mond bedingt bei Sonnenfinsternissen das erste Mal den Eintritt (Anfang), das zweite Mal den Austritt (Ende) der ganzen Sonnenfinsterniß; die innere Berührung der Ränder von Sonne und Mond bedingt bei Sonnenfinsternissen das erste Mal den Eintritt (Anfang), das zweite Mal den Austritt (Ende) der ringförmigen Sonnenfinsterniß. Ganz dieselben Unterscheidungen finden in gleicher Weise bei Bedeckungen (s. d. Art.) der Planeten durch den Mond statt, ebenso auch bei den Durchgängen des Mercurs und der Venus durch die Sonnenscheibe (s. d. Art.). — Bei Mondfinsternissen heißt der Augenblick, in welchem der Mond anfängt, in den Erdschatten einzutreten, der Eintritt, dagegen der Augenblick, in welchem der Mond beginnt, aus dem Erdschatten wieder herauszutreten, der Austritt. In gleichem Sinne spricht man von den Ein- nnd Austritten der Mondflecken in und aus dem Erdschatten, sowie auch bei den Verfinsterungen der Trabanten Jupiters und Saturns durch die Schatten der beiden letztern. J.

Austrocknen, s. Trocknen.

Ausweichung, s. Elongation.

Auswittern, Effloresciren (v. d. lat. efflorescere, hervorblühen) nennt man das Ausschießen von Krystallen aus einem der Luft ausgesetzten flüssigen oder namentlich festen Körper. So wittern aus Schwefelkies Eisenvitriolkrystalle, an Mauern und aus dem Boden Salpeterkrystalle, kohlensaures Natron rc. aus.

E. W.

Automat (v. d. griech. *αὐτόματος*, von selbst handelnd) heißt jede Maschine, welche so eingerichtet ist, daß der Mechanismus, welcher sie bewegt, dem Auge des Beobachters entzogen ist und die Bewegung also aus der eigenen Willensbestimmung der Maschine zu entspringen scheint. Ist die äußere Gestalt der Maschine der eines Menschen ähnlich und ahmen ihre Bewegungen menschliche Verrichtungen nach, so nennt man sie auch einen Androiden (v. d. griech. *ἀνήρ*, Mann, Mensch, und *εἶδος*, Gestalt).

In den Schriften des Alterthums wird mehrerer Automaten Erwähnung gethan. Großentheils mochten automatische Maschinen zu Priestertrug benutzt werden. Die ältesten Automaten, deren gedacht wird, sind wohl die Dreifüße, welche Homer*) beschreibt. Diese schuf Hephaistos: „Goldene Räder befestigt er jeglichem unter dem Boden, daß sie aus eigenem Trieb in die Schaar eingingen der Götter, dann zu ihrem Gemach heimkehreten, Wunder dem Anblick." Auch Aristoteles erzählt von sich selbst bewegenden Dreifüßen. Von Dädalus wird erzählt, er habe Statuen gefertigt, welche die Bewegungen des menschlichen Körpers nachahmten. In den Schriften des Plato, Aristoteles und Anderer wird von ihnen gesprochen, es heißt, man habe sie binden müssen, damit sie nicht davon liefen. Aristoteles erzählte von einer aus Holz

---

*) Hom. Ilias L. XVIII. v. 375. Vergl. zu dem Folgenden: Aristot. Polit. Lib. I. cap. 4. — Beckmann's Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Bd. III. S. 325. — Poppe's Geschichte der Technologie. Göttingen 1810. 3. Bd. (Gesch. der Uhren). — Ausführlichere Beschreibungen späterer Automaten s. in Prechtl's Encyclopädie s. v. Automat.

gefertigten Venus, welche sich durch in ihr Inneres geschüttetes Quecksilber bewegte. Nach durch Aulus Gellius*) mitgetheilten Nachrichten soll Archytas von Tarent, der 400 Jahre vor Chr. Geb. lebte, eine Taube aus Holz verfertigt haben, welche, durch einen in sie eingeschlossenen Hauch beseelt, fliegen, nachdem sie sich aber einmal niedergelassen, ihren Flug nicht wieder beginnen konnte. Pausanias**) erzählt von einem ehernen Adler, der durch inneren Mechanismus bewegt wurde; Polybius***) von einer kriechenden Schnecke, Athenäus****) von einem Androiden, der verschiedene menschliche Handlungen nachahmte. Aus der Zeit des Mittelalters ist die Wasseruhr zu erwähnen, welche der Kalif Harun al Raschid Karl dem Großen zum Geschenk machte. Auf dem Zifferblatte befanden sich zwölf kleine Fenster, welche der Stundeneintheilung entsprachen. Durch das Oeffnen dieser Fenster wurden die Stunden angezeigt, indem kleine metallene Kugeln herauskamen, welche dadurch, daß sie auf eine messingene Glocke fielen, die Stunden schlugen. Die Thüren blieben bis um 12 Uhr geöffnet, wo 12 kleine Ritter zu Pferde zu gleicher Zeit herauskamen und, nachdem sie um das Zifferblatt in Parade herumgeritten, sich alle Fenster schloßen und sie in ihre Behausung zurückkehrten. Roger Baco und Albertus Magnus soll einen Androiden verfertigt haben, der den Anklopfenden die Thür öffnete und sie scheinbar anredete. Thomas von Aquino soll darüber so erschrocken sein, daß er den Kopf des Automaten zerschlug, und Albertus rief klagend aus: die Arbeit von dreißig Jahren ist vernichtet. Johannes Müller, von seiner Vaterstadt Regiomontanus†) (der Königsberger) genannt, soll einen künstlichen Adler verfertigt haben, der den Kaiser Maximilian bei seinem Einzuge in Nürnberg (den 7. Juni 1470) begrüßte und von dem Uebertriebenes erzählt wird. Hoch in die Lüfte sich erhebend soll er dem Kaiser entgegen geflogen und sodann auf das Stadtthor zurückgekehrt sein, von da aber den nahenden Kaiser durch Ausspreizung der Flügel und Neigung des Körpers begrüßt haben. Derselbe Johannes Müller soll auch eine eiserne Fliege gefertigt haben, die er von seiner Hand hin und her fliegen ließ. Ebenso übertrieben sind die Nachrichten von den Automaten, mit denen Janellus Turrianus††) von Cremona den Kaiser Karl V., nachdem er sich vom Thron in die Zelle zurückgezogen, ergötzt haben soll. Es wird erzählt von Kriegern und Pferden, die der Kaiser auf seinem Tische sich bewegen und kämpfen ließ, von Trommelschlägern und Flötenbläsern, von fliegenden hölzernen Sperlingen, von Kornmühlen, die in einem Handschuh Platz hatten und doch in einem Tage so viel Korn mahlten, daß acht Menschen davon leben konnten.

Hans Bullmann†††), ein Kunstschlosser in Nürnberg, verfertigte Figuren, die hin und her gingen und nach dem Takte auf Pauken und Lauten schlugen. Ein sehr niedliches Spielwerk soll Camus zur Unterhaltung Ludwig's XIV. ver-

---

*) Gell. Noct. att. X. 12.

**) Paus. VI. 20.

***) Pol. Hist. XII. 13.

****) Athen. v. 7.

†) Derselbe hat auch die Bewegung der Planeten durch Räderwerk dargestellt. Vergl. Kleine Chronik Nürnbergs. Altorf 1790. S. 38. — Diss. de Regiomontani aquila et musca. Auct. Baier. Altorf. 1709.

††) Strada de bello belgico. Mogunt. 1651. p. 8.

†††) Doppelmayr, v. Nürnberg. Künstlern. S. 285.

fertigt haben. Dies bestand aus einer kleinen Kutsche, die von zwei Pferden gezogen wurde; in derselben saß eine Dame, ein Bedienter und ein Page standen hinten auf. Wurde diese Maschine an das eine Ende des Tisches von bestimmter Größe gesetzt, so knallte der Fuhrmann mit der Peitsche und die Pferde fingen sogleich zu laufen an, indem sie ihre Füße auf natürliche Weise bewegten und die Kutsche nach sich zogen. Sowie die Kutsche das entgegengesetzte Ende des Tisches erreichte, wandte sie scharf unter einem rechten Winkel um und fuhr längs dem anliegenden Rande hin. Sowie die Kutsche der Stelle, wo der König saß, gegenüber kam, hielt sie an, der Page stieg herunter und öffnete den Kutschenschlag. Die Dame stieg aus und überreichte mit einer Verbeugung dem Könige eine Bittschrift, welche sie demselben hinhielt. Nachdem sie einige Zeit gewartet hatte, verbeugte sie sich wieder und kehrte in den Wagen zurück. Der Page schloß die Thür, stieg wieder hinten auf, der Kutscher peitschte die Pferde und fuhr weiter. Der Bediente, welcher vorher abgestiegen war, lief hinter dem Wagen her und sprang auf seinen vorigen Platz.

Sehr berühmt sind im vorigen Jahrhundert die Automaten von Vaucanson geworden, besonders seine das Leben auf das Täuschendste nachahmende Ente. Vor ihm soll schon der General Degennes einen Pfau verfertigt haben, welcher umherging, fraß und das Verzehrte dann in veränderter Form wieder ausleerte. Die Vaucanson'sche Ente*) glich äußerlich ganz einem lebenden Thiere, indem sie alle Bewegungen und Geberden einer Ente nachahmte, mit Begierde fraß und trank und dabei das Wasser, welches sie trank, vorher mit dem Schnabel trübte, aufs Natürlichste schnatterte und das Verzehrte scheinbar verdaut auf gewöhnlichem Wege wieder von sich gab. An ihr waren alle Knochen auf das Genaueste einer lebenden Ente nachgebildet. Aeußerlich bestand sie aus bronzirtem Kupferblech. Die Blechstreifen waren so übereinander gelegt, daß die Farben einer natürlichen Ente täuschend nachgebildet waren. Dieses Kunstwerk, sowie Vaucanson's akustische Automaten, von welchen später die Rede sein wird, wurden von Beireis in Helmstädt gekauft, nach dessen Tode sie in den Besitz des Geheimenrathes Hr. v. Harlem gekommen sind. Die Vaucanson'schen Automaten wurden später von einem Goldschmied Du Moulin nachgebildet, der mit ihnen herumreiste. Fast noch künstlicher waren die Automaten von den beiden Jacquet Droz**), Vater und Sohn, aus Chaux de Fonds in Neufchatel, besonders eine Schreibmaschine. Diese stellte ein Kind von zwei Jahren vor, welches, auf einem Tabouret sitzend, auf einem Pulte zusammenhängende Worte in französischer Sprache schrieb, dabei die Feder eintauchte, das Ueberflüssige ausschüttete, die Linien gehörig absetzte und nach jedem Worte die Augen auf eine nebenliegende Vorschrift richtete. Collinson hat einen Automaten von Droz beschrieben, welcher zeichnete. Dieser war eine Figur in Lebensgröße, welche in der Hand einen metallenen Griffel hielt und bei Berührung einer Feder sogleich auf ein untergelegtes Pergamentblatt zu zeichnen anfing. Nach vollendeter Zeichnung hielt die Figur ein, bis ein neues Blatt untergelegt war. So fertigte sie nach und nach fünf Zeichnungen. Das erste Blatt enthielt die sehr sauber und ähnlich gezeichneten, einander gegenüberstehenden

*) Montucla, Hist. des mathém. T. III. p. 802. In Leipzig wurde noch vor Kurzem eine derartige Ente gezeigt.

**) Kön. Großbr. gem. Kalender. Lauenburg 1780.

Bildnisse des Königs und der Königin. Maillardet verfertigte einen Automaten, welcher sowohl zeichnete als schrieb. Die Figur eines Knaben kniet auf einem Knie und hält die Feder in der Hand. Fängt sie an zu schreiben, so taucht ein Begleiter die Feder in Tinte und legt das Schreibpapier auf eine messingene Tafel. Bei Berührung einer Feder beginnt das Schreiben und nach Beendigung einer Zeile kehrt die Hand noch einmal zurück und macht die erforderliche Interpunction. Außerdem zeichnet sie drei Landschaften. Ein anderer Automat von Maillardet ist ein Wahrsager, welcher auf vorgelegte Fragen Antworten ertheilt. Eine wie ein Zauberer gekleidete Figur sitzt an dem unteren Theile einer Wand und hält in der einen Hand einen Stab, in der andern ein Buch. Eine Anzahl vorbereiteter Fragen sind auf länglich runde Medaillons geschrieben. Unter diesen trifft der Zuschauer eine Auswahl und legt sie, um die Antwort zu erhalten, in einen dazu bestimmten Schubkasten. Dieser wird durch eine Feder verschlossen, bis die Antwort ertheilt wird. Jetzt erhebt sich der Magus von seinem Sitze, beugt sein Haupt, beschreibt Kreise mit seinem Stabe, fragt das Buch um Rath, wie in tiefe Gedanken versenkt, und nähert es seinem Gesichte. Endlich erhebt er seinen Stab und schlägt damit an die über seinem Haupte befindliche Wand, worauf zwei Flügelthüren aufspringen und eine geeignete Antwort auf die vorgelegte Frage sehen lassen. Die Thüren schließen sich nachher, der Magnus nimmt seine ursprüngliche Stellung an und der Kasten öffnet sich, damit man das Medaillon wieder herausnehmen kann. Derselbe Künstler hat noch mehrere andere Automaten verfertigt, z. B. eine Spinne, einen Seiltänzer, besonders aber eine weibliche Figur, welche athmete, Kopf und Körper natürlich bewegte und einige Stücke auf einem Fortepiano spielte.

Von allen Automaten hat der Schachspieler des Freih. v. Kempelen *) das meiste Aufsehen gemacht, obgleich derselbe wahrscheinlich nur scheinbar durch Maschinerie, in der That aber durch einen sehr künstlich verborgenen Menschen in Bewegung gesetzt wurde. Kempelen aus Presburg in Ungarn verfertigte denselben im Jahr 1769. Der Schachspieler ist eine Figur von Lebensgröße, in türkischer Kleidung, vor einem Spinde (einer Commode ähnlich) von drei und einem halben Fuß Länge, zwei Fuß Tiefe und zwei und einem halben Fuß Höhe sitzend. Die Figur sitzt auf einem an das Behältniß befestigten Stuhle; ihr rechter Arm ruht auf der oberen Platte des Behältnisses und in der linken hält sie eine Tabakspfeife, die während des Spieles hinweggenommen wird, da der Automat mit dieser die Züge macht. Vor der Figur befindet sich ein Schachbret, achtzehn Zoll im Quadrat. Einer der Zuschauer spielt gegen den Automaten; dieser beginnt das Spiel; vor jedem Zuge desselben hört man die Thätigkeit des in der Maschine befindlichen Räderwerkes. Die Figur bewegt den Kopf, als ob sie jeden Theil des Schachbretes überblicke. Schach dem Könige deutet sie durch dreimaliges Kopfnicken, Schach der Königin durch zweimaliges an. Macht ihr Gegner einen falschen Zug, so schüttelt sie den Kopf und setzt den Stein des Spielers auf das Feld zurück, auf dem er gestanden, und zieht nun ihrerseits. Beim Spiele ruht der linke Arm der Figur auf einem Polster, hebt sich nach dem Zuge des Gegners, thut den erforderlichen Zug oder nimmt einen Stein weg,

*) v. Windisch, Briefe über den Schachspieler des H. v. Kempelen. Basel 1723. Repertory of arts and manufactures 1819. Aor. Bibl. Univ. T. XI. p. 63.

indem der Daumen der Hand sich öffnet und schließt, und legt sich dann wieder auf das Polster. Wartet der Gegner sehr lange, so klopft die Maschine mit dem Finger auf das Bret. In der Regel, aber nicht immer, gewinnt die Maschine das Spiel. Während des Spieles steht der Künstler häufig nahe an der Maschine und zieht sie wie ein Uhrwerk nach 12 — 12 gemachten Zügen auf. Ein anderes Mal ging er in eine Ecke des Zimmers, um sich bei einem kleinen viereckigen Spindchen, welches daselbst geöffnet stand, gleichsam Rath zu holen. Das Kunstwerk wurde in allen Hauptstädten Europa's gezeigt, ohne daß das Geheimniß seiner Bewegung entdeckt wurde. Kempelen selbst behauptete nie, daß die Maschine selbst der eigentliche Spieler sei, vielmehr erklärte er bestimmt: „die Maschine sei eine Kleinigkeit, die in Hinsicht des Mechanismus nicht ohne alles Verdienst wäre, die Wirkungen derselben erschienen jedoch darum so merkwürdig, weil das Ganze mit Kühnheit aufgefaßt und eine glückliche Wahl, die Täuschung zu befördern, getroffen worden." Man glaubte anfangs, die Maschine werde mit Hülfe magnetischer Kräfte regiert, allein da auch die stärksten Magnete, welche man in die Nähe der Figur brachte, keine Störung verursachten, so mußte man diese Ansicht aufgeben; dann aber glaubte man, daß in der Maschine ein Mensch von gewöhnlicher Größe verborgen werden könne *), der das Spiel leite, obwohl Kempelen den Zuschauern vor jeder Vorstellung scheinbar den ganzen innern Raum der Maschine, welcher Räderwerk enthielt, zeigte.

Berühmt sind noch Automaten, ein Regiment exercirender Soldaten vorstellend, welche Beckmann in Zarskoje=Selo sah; ein gehender Löwe und Tiger, welche der Missionär Thibaut für den Kaiser von China verfertigte, u. a. Unter den Schätzen des Tippo Saib fand man einen Tiger, welcher einen europäischen Offizier zerfleischte, während ein Mechanismus in jenem das Brüllen des Thieres und in diesem das Winseln eines Menschen nachahmte.

Mehrere Automaten sind akustische Kunstwerke. Die schon erwähnten Mechaniker Droz verfertigten für den König von Spanien eine Uhr, auf welcher sich ein Schaf befand, das sehr natürlich blökte, und ein Hund, der einen Korb mit Früchten bewachte und sich gegen jeden, der den Korb wegzunehmen versuchte, mit Knurren und Bellen erhob **). Sehr niedlich war eine zusammengesetztere Maschine des älteren Droz. In einer ländlichen Scene an einem Bache, über welchen eine Brücke nach einer Mühle führt, öffnet sich die Thüre einer Hütte, und es reitet ein Bauer auf einem Esel über die Brücke zur Mühle, während ein Hund hinter dem Esel herläuft und diesen anbellt. Im Mittelpunkte der Scene weidet eine Heerde, deren Hirt aus einer Grotte kommt, sich umsieht, eine Flöte hervorzieht und einige Stücke bläst, deren letzte Töne ein Echo wiederhallt. Dann nähert er sich seiner in der Entfernung schlafenden Schäferin und bläst wieder ein Stück, wodurch sie erwacht, sich aufrichtet und den Spieler mit der Zitter begleitet. Inzwischen treibt der Bauer seinen mit Mehl beladenen Esel aus der Mühle zurück vor sich her, weswegen die Liebenden im Stücke plötzlich abbrechen und der Schäfer in seine Grotte zurückkehrt ***). Einander sehr ähnlich sind zwei Kunstwerke, das

*) Posselt's wissenschaftl. Magaz. 1785. Bd. I. S. 72.
**) Hutton Diction. T. I. p. 194.
***) S. Allgem. musical. Zeit. 1799. Nr. 3.

eine von Droz dem Jüngern, das andere von Maillardet *). Das des Letztern war eine ovale Büchse, ungefähr drei Zoll lang. Diese wurde auf den Tisch gestellt; sogleich öffnete sich der Deckel und ein Vogel von der Größe eines Kolibri vom schönsten Gefieder sprang vom Neste auf. Nachdem er mit den Flügeln geschlagen, öffnete er den Schnabel und sang vier Stücke mit reizendem Tone. Er hüpfte hierauf auf das Nest zurück und der Deckel schloß sich. Die bewegende Kraft in diesem mechanischen Kunststücke soll in Federn bestanden haben, deren Wirkung nur vier Minuten dauerte. Da es bei einer so kleinen Figur an Raum fehlte, um Pfeifen für die Mannigfaltigkeit von Tönen anzubringen, so bediente sich der Künstler nur einer Röhre und erzeugte die Mannigfaltigkeit der Töne dadurch, daß sie vermittelst eines beweglichen Stempels sich verlängerte und verkürzte. — Sehr berühmt sind die Vaucanson'schen akustischen Automaten. Der eine, ein Flötenspieler, wurde im Jahr 1736 vollendet. Den innern Mechanismus dieses Werkes machte Vaucanson 1738 in einer Abhandlung bekannt. Nach dieser beschreibt sie Brewster **) wie folgt: „Der Körper des Flötenspielers war ungefähr 5$^1/_2$ Fuß hoch und stand auf einem Felsstück, das ein viereckiges Fußgestell von 4$^1/_2$ Fuß Höhe und 3$^1/_2$ Fuß Breite umgab. Wurde die vordere Seite des Fußgestelles geöffnet, so erblickte man rechter Hand ein Uhrwerk, das vermittelst mehrerer Räder eine stählerne Axe von etwa 2$^1/_2$ Fuß Länge in Bewegung setzte. Diese hatte in sechs gleich entfernten Punkten ihrer Länge Kurbeln, welche nach verschiedenen Richtungen lagen. An jeder Kurbel war eine Schnur befestigt, die herablief und mit dem anderen Ende an dem oberen Theil eines Blasebalges von 2$^1/_2$ Fuß Länge und 6 Zoll Weite befestigt war. Sechs auf dem Boden des Fußgestelles befindliche Blasebälge wurden in Thätigkeit gesetzt, wenn die Stahlaxe umgedreht wurde. An der oberen Fläche des Fußgestelles und über jedem Blasebalge befand sich eine doppelte Rolle, von welcher der eine Rand 3 Zoll, der andere 1$^1/_2$ Zoll im Durchmesser hat. Die Schnur, welche von der Kurbel kommt, windet sich um die kleinste dieser Rollen und der an der Decke des Blasebalges angebrachte Theil derselben wird um die größere Rolle geführt. Durch diese Vorrichtung wurden die Flächen der Blasebälge weiter von einander entfernt, als wenn die Schnur unmittelbar von den Kurbeln zu ihnen gelangte. Rund um den breiteren Rand von drei dieser Rollen, nämlich von denen, welche sich rechter Hand befanden, liefen drei Schnüre, die vermittelst mehrerer kleinen Rollen zu der oberen Fläche von drei anderen Blasebälgen, die in dem oberen Theile des Kastens befindlich sind, führten. Die Spannung jeder Schnur, wenn sie beginnt, die obere Fläche des Blasebalges, an der sie befestigt ist, zu heben, setzt einen Hebel in Bewegung, der sich über demselben zwischen der Axe und der doppelten Rolle, die zwischen der Mitte und dem unteren Theile des Kastens liegt, befindet. Das andere Ende des Hebels hält die Klappe in der unteren Fläche des Blasebalges geöffnet und gestattet der Luft freien Zutritt, während die obere Fläche steigt, um die Capacität des Blasebalges zu vermehren. Durch diese Vorrichtung wird nicht allein an Kraft gewonnen, sondern auch das verwirrende Geräusch, welches durch die Wirkung der Luft auf die Klappen hervorgebracht wird, gänzlich vermieden,

*) Es scheint der Beschreibung nach, als sei das von Maillardet vorgezeigte das von Droz verfertigte gewesen.

**) Briefe über die natürliche Magie, übersetzt von Wolf. Berlin 1833.

und die neun Blasebälge arbeiten mit der größten Leichtigkeit, ohne Erschütterung und Geräusch. Aus letztern strömt die Luft in drei verschiedene gesonderte Röhren. Jede Röhre nimmt die Luft dreier Blasebälge auf. Die obere Fläche eines der drei Blasebälge (in jeder Abtheilung) ist mit vier Pfunden, die des zweiten mit zwei Pfunden und die des dritten mit gar keinem Gewichte belastet. Diese drei Röhren steigen in den Körper der Figur und endigen in drei kleine Behältnisse, welche in dem Rumpfe der Figur befindlich sind. Diese in eins vereinigten Behältnisse, in die Kehle aufsteigend, bilden durch ihre Erweiterung die Mundhöhle, die sich in zwei kleine Lippen endigt, welche auf dem Mundloche der Flöte ruhen. Die Lippen besitzen das Vermögen, sich mehr oder weniger zu öffnen, und ein eigenthümlicher Mechanismus bewirkt ihre Annäherung zu, ihre Entfernung von dem Mundloche der Flöte. In der Mundhöhle ist eine kleine bewegliche Zunge befindlich, um den Durchgang der Luft durch die Lippen der Figur zu öffnen oder zu schließen. Die Bewegungen der Finger, Lippen und Zunge der Figur werden durch einen sich um seine Axe bewegenden Cylinder von dreißig Zoll Länge und einundzwanzig Zoll Durchmesser bewirkt. Vermittelst Wirbel und messingener Haken, die an funfzehn verschiedenen Abtheilungen seines Umfanges befestigt sind, werden funfzehn verschiedene Hebel, ähnlich denen in einer Handorgel, gehoben und heruntergedrückt. Sieben derselben reguliren die Bewegung der sieben Finger, um die Löcher zu schließen. Dies erfolgt mit Hülfe stählerner Ketten, welche durch den Körper hindurchgehen und durch Rollen nach den Schultern, Ellenbogen und Fingern hingeleitet werden. Drei andere Hebel, mit den Klappen der drei Behälter in Verbindung stehend, reguliren den Eintritt der Luft, so daß ein stärkerer oder schwächerer Ton erzeugt wird. Ein Hebel öffnet die Lippen, um der Luft einen freien Durchgang zu gestatten, und ein anderer zieht sie zusammen, um die entgegengesetzte Wirkung hervorzubringen. Ein dritter Hebel zieht sie vom Mundloche der Flöte zurück und ein vierter bringt sie vorwärts. Der noch übrige Hebel bewirkt das Verstopfen des Mundloches durch die Zunge *).

Vaucanson's zweiter akustischer Automat war ein Pfeifer und Tambourinspieler, der vollständige Arien ausführte und die vorzüglichsten Pfeifer und Tambourinspieler übertraf. Die Figur steht auf einem Fußgestell, ist wie ein tanzender Schäfer gekleidet, hält in der einen Hand ein Flageolet, in der andern den Schlägel, mit dem sie das Tambourin schlägt, und begleitet mit letzterem die Arien des Flageolets, von denen sie ungefähr zwanzig vortragen kann. Das Flageolet hat nur drei Löcher und die Verschiedenheit der Töne hängt vorzüglich von einer geschickten Abänderung der Gewalt des Windes und von den verschiedenen Graden der Schließung der Löcher ab. Diese Abänderungen in der Gewalt des erforderlichen Windes mußten mit einer Geschwindigkeit sich folgen, die das Ohr kaum zu fassen vermochte, sowie die Articulation der Zunge für die schnellsten Noten, ohne welche die Leistungen ganz der Anmuth entbehrt hätten. Da die menschliche Zunge einer schnellen Folge von Noten die erforderlichen Articulationen nicht zu geben vermag und gewöhnlich über die Hälfte derselben hinwegzueilen pflegt, so vermochte der Automat in dieser Hinsicht die besten Spieler zu übertreffen, indem er vollständige Arien mit den für jede Note erforderlichen Articulationen der Zunge spielte. In späterer Zeit hat Kaufmann aus Dresden

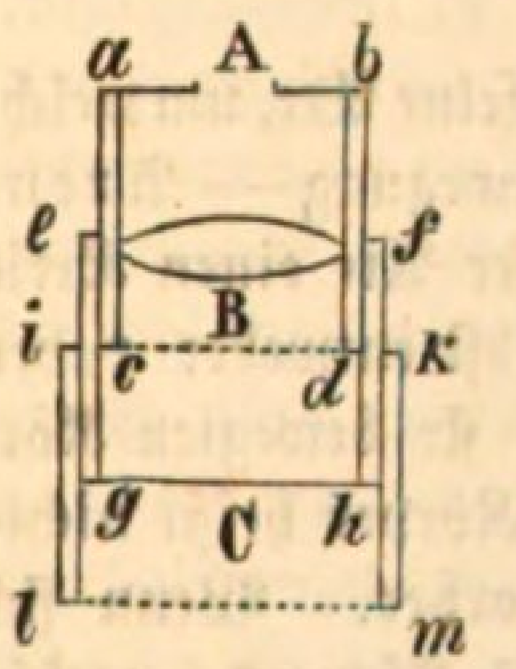
*) Le Mécanisme du Fluteur automate. Par. 1738.

Automaten verfertigt, z. B. einen Trompeter. Dieser ist eine menschliche Figur in Lebensgröße, welche in der rechten Hand eine Trompete hält. Vermittelst des beweglichen Armes wird die Trompete auf das im Munde festzusteckende Mundstück geschoben. Im Kopfe sind verschiedene längere und kürzere Röhren von Messing für die tieferen und höheren Töne, durch sehr fest schließende Klappen verschlossen und sämmtlich in diejenige endend, welche im Munde befindlich den Anfang der Trompete bildet. In der Brust befindet sich ein Blasebalg, welcher durch eine ausnehmend starke Feder die Luft ungewöhnlich comprimirt, so daß diese, wenn sie beim Oeffnen der Klappen in die Röhren dringt, einen vollständigen Trompetenton erzeugt, indem der Wechsel der ungleichen Röhren ein vollständiges Stück zu spielen verstattet.

Man hat auch Automaten herzustellen gesucht, welche die menschliche Stimme nachahmten, s. über dieselben den Art. Sprechmaschine.

Man interessirt sich jetzt im Allgemeinen wenig mehr für Automaten, weil die mit den Naturwissenschaften verbundene Kunst in der Regel mehr zum Nützlichen verwendet wird. Die in neueren Zeiten erfundenen Maschinen übertreffen übrigens alle Automaten durch Mechanismus und Brauchbarkeit, wie z. B. Rechnenmaschine, Stickmaschine, Spinnmaschine *c*.

Auxometer oder Auxometer (v. d. griech. *αὔξειν* mehren und *μέτρον* Maß), Dynamometer (v. d. griech. *δύναμις* Kraft, Vermögen) hat man Instrumente genannt, welche bestimmt sind, die Vergrößerung zu messen, welche bei einem Fernrohre stattfindet. Ein solches von Adams *) angegebenes Instrument besteht aus drei in einander geschobenen Röhren abcd, efgh und iklm, welche ungefähr $1^1/_4$ Zoll lang sind und von denen die weiteste iklm einen Durchmesser von 11 Linien hat. In der innersten Röhre abcd befindet sich oben ein Deckel mit einer kreisförmigen Oeffnung A, an welcher das Auge angebracht wird, und eine Linse B. Die zweite Röhre efgh ist unten bei C mit einer dünnen durchsichtigen Hornscheibe bedeckt, auf welcher Parallelstriche gezogen sind, die $\frac{1}{100}$ Zoll von einander abstehen. Zum Gebrauch verschiebt man die innerste Röhre abcd so lange in der mittleren efgh, bis man durch A und B die feinen Striche auf C vollkommen deutlich sieht, wenn man die Oeffnung lm gegen den Himmel richtet. Nachdem man das zu prüfende Fernrohr auf einen Gegenstand gerichtet und so eingestellt hat, daß man ein deutliches Bild desselben erhält, bringt man das



Auxometer vor das Ocular des Fernrohres und verschiebt nun das mittlere mit dem innersten Rohre so lange in dem äußersten iklm, bis man durch C das von der Hornscheibe aufgefangene Bild deutlich sieht. Da man zugleich die auf der Hornscheibe gezogenen Parallellinien sieht, so läßt sich bestimmen, wie viele derselben durch das Bild bedeckt werden. Gesetzt man fände die Zahl m, und ebenso hätte man durch directe Messung gefunden, daß der Durchmesser des Objectivglases des zu untersuchenden Fernrohres n Hundertel Zoll betrüge, so würde $\frac{n}{m}$ die Zahl sein, welche angäbe, wie viele Mal das Fernrohr die durch dasselbe betrachteten Ge-

*) Rozier, Journal de Physique. 1783. Janv. p. 65.

genstände (ihre scheinbare Größe) vergrößere. Man kann dieses Instrument beim Galilei'schen Fernrohre nicht anbringen, weil dieses eine concave Linse hat, also kein eigentliches Bild giebt, das auf der Hornscheibe aufgefangen werden könnte.

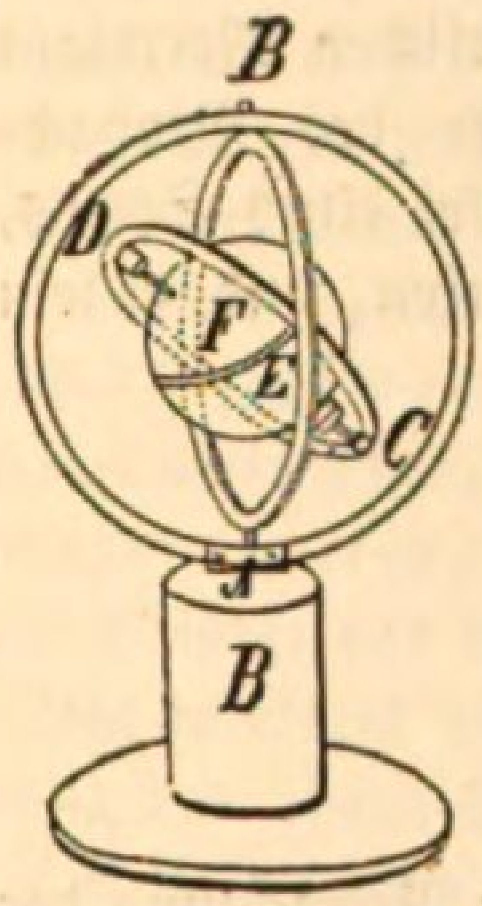
Ramsden *) hat ein ähnliches Instrument angegeben, bei welchem jedoch die Größe des Bildes nicht mit einer eingetheilten durchsichtigen Scheibe gemessen wird, sondern mit Hülfe einer in zwei Hälften zerschnittenen Linse. Diese giebt dann zwei Bilder und mit Hülfe einer Schraube wird die eine Hälfte so gegen die andere gestellt, daß die beiden Bilder sich berühren. Indem man sodann mittelst einer Mikrometerschraube den Abstand beider Linsen von einander bestimmt, hat man den gesuchten Durchmesser des Bildes, mit welchem man in den Durchmesser des Objectivs dividirt, um die Vergrößerungszahl zu erhalten. — Unter dem Namen von Ramsden's Dynamometer beschreibt Littrow **) ein Instrument, welches ganz mit dem von Adams übereinstimmt, nur daß die Hornscheibe durch eine eingetheilte Glasscheibe ersetzt ist. — Ueber andere Mittel zur Bestimmung der Vergrößerung bei Fernröhren s. d. Art. Fernrohr.

Axe (lat. axis; franz. axe; engl. axis) nennt man in der Geometrie eine gerade Linie, welche so gestellt ist, daß sich um sie herum alle Punkte einer krummen Linie oder einer Körperoberfläche in regelmäßiger Weise gruppiren. So spricht man von Axen der Kegelschnitte und des Cylinders, des Kegels und der Kugel. Wenn man einen Kegel oder einen Cylinder parallel mit der (kreisförmigen) Grundfläche durchschneidet, so sind alle auf diese Weise möglichen Durchschnitte Kreise, deren Mittelpunkte in der Axe liegen. Bei der Kugel ist jeder durch ihren Mittelpunkt gehende Schnitt ein Kreis, und die Axe jedes solchen Kreises ist die gerade Linie, welche senkrecht auf der Ebene eines solchen Schnittes steht und durch den Mittelpunkt der Kugel geht. Ihre beiden Endpunkte in der Oberfläche der Kugel heißen die Pole des betreffenden Kreises.

In der Mechanik nennt man diejenige Linie eines Körpers seine Axe, um welche sich der Körper selbst herumbewegt, und zwar so, daß bei dieser Bewegung — Axendrehung — jeder Punkt des Körpers um einen Punkt in der Axe einen Kreis beschreibt. Bei dieser Bewegung kann die Axe des Körpers selbst entweder ruhen oder ebenfalls in Bewegung sein. Im Verhältniß zu dem um sie bewegten Körper ist die Axe stets in Ruhe, denn eine Bewegung der Axe im Körper heißt nichts anderes, als der Körper bewegt sich um eine andere Axe als vorher. Wenn sich ein Körper um eine Axe bewegt, so bekommen alle Theile des Körpers, welche außerhalb der Axe liegen, ein Bestreben, sich in einer auf ihr senkrechten Richtung von ihr zu entfernen; s. den Art. Bewegung. Wenn die Theile eines drehenden Körpers verschiebbar sind, so wird jedes durch die Drehung entstandene Bestreben eine Veränderung der Gestalt des Körpers bewirken, sind sie hingegen unverschiebbar, so wird die Wirkung jenes Bestrebens gegen die Axe sich äußern. Ist aber die Masse des Körpers um die Axe nach allen Seiten zu gleichförmig vertheilt, so heben die Schwungkräfte der Theile des Körpers, von denen ein jeder einem ihm gegenüberstehenden entspricht, einander auf, also auch die Wirkungen

*) Brewster, Edinb. philos. Journ. No. XV. p. 183.
**) Gehler N. A. Bd. IX. S. 1779.

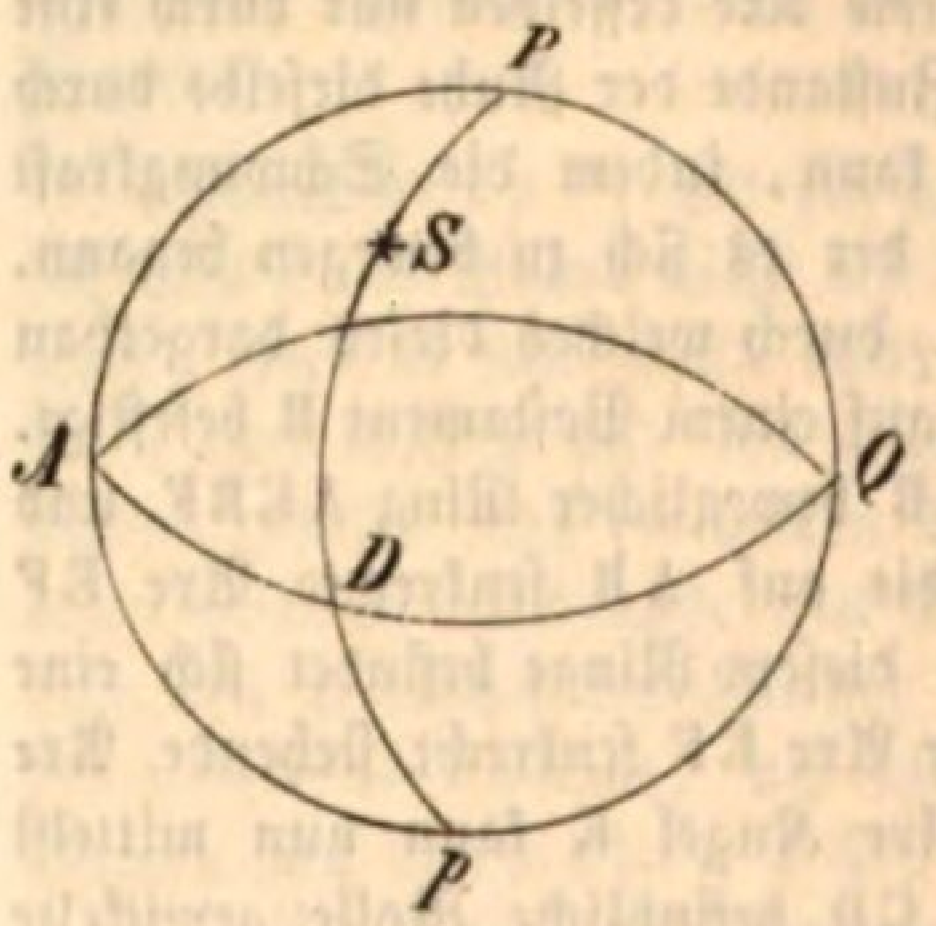
auf die Axe. Eine solche Axe heißt eine **freie Axe**, und eine solche ist auch die Axe der Erde. (Man sehe die Art. **Erde** und **Planeten**.) So lange die Axendrehung eines Körpers fortdauert, kann die freie Axe desselben nur durch eine bedeutende Kraft verrückt werden, wenn auch im Zustande der Ruhe dieselbe durch die kleinste Kraft aus ihrer Lage gebracht werden kann, indem die Schwungkraft jedes Theilchen in der Ebene zu erhalten sucht, in der es sich zu bewegen begann. **Bohnenberger** hat ein Instrument angegeben, durch welches dieses dargethan wird. Der Ring AB ist in A auf einem Postament B befestigt. In ihm ist ein um die Axe AB beweglicher Ring AEBF und in diesem ein dritter um die auf AB senkrechte Axe EF beweglicher Ring ECFD; in diesem Ringe befindet sich eine Kugel, welche um die auf der Axe EF senkrecht stehende Axe CD beweglich ist. Die massive Kugel K kann nun mittelst einer um eine an ihrer Axe CD befindliche Rolle gewickelte Schnur durch schnelles Abziehen der Schnur in eine schnelle drehende Bewegung gesetzt werden. Während, so lange die Kugel K in Ruhe war, ihre Axe durch die geringste Kraft bewegt wurde, kann man nun, wenn die Kugel sich bewegt, das ganze Instrument herumtragen, ja sogar kleine Gewichte auf den Kreis CDEF fallen lassen, ohne daß dadurch die Richtung der Axe der Kugel verändert würde. Wenn man an dem unteren Theile des inneren Ringes ein kleines Gewicht anbringt, so zieht dieses, so lange keine Drehung stattfindet, die Axe der Kugel in die verticale Richtung, neigt man aber den innern Kreis gegen den Horizont und bringt mittelst der Schnur die Kugel in drehende Bewegung um ihre Axe, so nimmt die Axe nicht, wie man dem Einfluß des Gewichtes gemäß vermuthen sollte, sogleich die verticale Richtung an, sondern bewegt sich nach einer Richtung, welche der Richtung der Axendrehung der Kugel entgegengesetzt ist, und zwar mit desto größerer Geschwindigkeit, je langsamer die Axendrehung der Kugel wird *). — Bei der **Erde** (s. d. Art.) spricht man von einer **geographischen Axe**, welche die die beiden geographischen Erdpole verbindende gerade Linie ist, durch den Mittelpunkt der Erde geht und um welche die tägliche Umdrehung der Erde erfolgt. Die magnetische Axe der Erde ist die gerade Linie, welche die beiden Magnetpole der Erde verbindet (s. d. Art. **Magnetismus der Erde**). **Oscillationsaxe** (Schwingungsaxe) nennt man die horizontale Gerade, um die ein Pendel hin- und herschwingt. **Axe einer Wage** ist die durch die Schneide der Wagebalkenzapfen gehende gerade Linie, in der sich das Hypomochlium der Wage befindet und um welche der Wagebalken sich bewegt. **Magnetaxe** ist die beide Pole eines Magnetes verbindende gerade Linie. Ferner heißt die **Axe eines Schiffes** jede der nach der Länge und Breite eines Schiffes horizontal durch dessen Mittelpunkt gezogenen Geraden. **Axe einer Säule** heißt die Linie, die mit ihren Endpunkten auf die Centra der untern und obern geebneten Kopf- oder Kreisflächen der Säule auftreffen muß. Man bedient sich des Ausdruckes Axe noch bei vielen anderen Instrumenten, Maschinen und Apparaten, s. die dieselben betreffenden Artikel.



Axendrehung, s. **Axe**.

*) Gilb. Ann. Bd. LX. S. 60.

Azimuth (a. d. Arabischen, vermuthlich so viel als Himmelsgegend) eines Sterns ist der Bogen AD des Horizonts ADQ, welcher zwischen dem Meridiane APQpA des Beobachtungsortes und dem Scheitel- oder Höhenkreise PSDp eines Sterns S liegt, und dieser Bogen AD mißt den sphärischen Winkel APD. Das Azimuth ist östlich oder westlich, je nachdem der Stern östlich vom Meridiane steht, dagegen gleich Null oder 180°, wenn der Stern resp. im südlichen oder im nördlichen Meridiane steht. Sei nun φ die Polhöhe des Beobachtungsortes, σ der Stundenwinkel eines Sterns, h seine Höhe, δ seine Declination und a sein Azimuth, so hat man entweder



$$\cot a = \frac{\sin\varphi \cos\sigma - \tang\delta \cos\varphi}{\sin\sigma}$$

$$\text{oder } \cos a = \frac{\sin\varphi \sin h - \sin\delta}{\cos\varphi \cos h}.$$

Es ergiebt sich aus diesen Formeln sowohl als auch aus der Betrachtung der obigen Figur, daß für einen bestimmten Zeitpunkt durch die Höhe und das Azimuth eines Gestirns dessen Ort an der Himmelskugel vollkommen bestimmt wird.

J.

Barometer, (von dem griech. βάρος Schwere und μέτρον Maß, also) Schweremesser, Luftschweremesser, Luftwage, Wetterglas, Torricelli'sche Röhre, Baroskop (von dem griech. βάρος und σκοπεῖν besichtigen — lat. barometrum, baroscopium, tubus Torricellianus; franz. baromètre, baroscope; engl. barometer) ist ein Instrument, um die Größe des Drucks der atmosphärischen Luft zu messen, welches von Evangelista Torricelli im Jahr 1643 erfunden ward. Die Geschichte der Erfindung, sowie die Darlegung der Eigenschaft der Atmosphäre, auf welcher dasselbe beruht, s. im Art. Atmosphäre S. 465. Daraus geht zugleich hervor, daß man sich zu Verfertigung von Barometern nicht allein des Quecksilbers, sondern auch jeder andern Flüssigkeit bedienen kann. Man hat auch in der That Wasserbarometer aus metallenen, vermittelst Leder zusammengeschrobenen, oben in eine Glasröhre endigenden blechernen Röhren bestehend verfertigt. Ein solches Wasserbarometer zeigte im Jahr 1654 Otto von Guericke auf dem Reichstage in Regensburg vor *). Caspar Bertus **) hatte ein ähnliches und brachte, um zu beweisen, daß in ihm über der Wassersäule kein luftleerer Raum sei, in dem obersten Theile der Röhre ein Glöckchen mit einem durch einen Magnet beweglichen Hammer an. Das Tönen dieses Glöckchens sollte beweisen, daß der Raum über dem Niveau deshalb nicht luftleer sein könne, weil sich der Schall durch einen luftleeren Raum

---

*) Schott, Technica curiosa cet. Norimb. 1664. 4. p. 25, 34.
**) Schott, Mechanica hydr. pneumatica. Herbip. 1657. p. 308.

nicht fortzupflanzen vermag. Aber in diesem keine Genauigkeit zulassenden Barometer sammelt sich über dem Wasser Dunst und Luft aus dem Wasser, welche zwar dünner als die äußere Luft ist, aber den Schall sehr wohl zu leiten vermag. Gehler *) erzählt von ähnlichen Versuchen, die in Leipzig angestellt wurden.

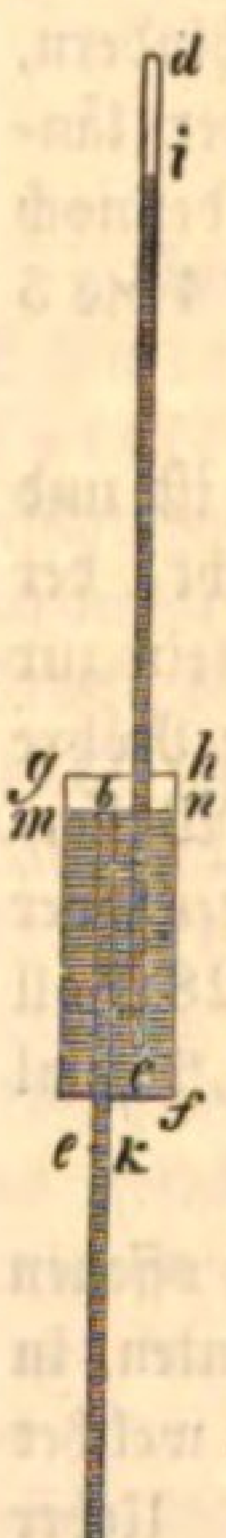
Neuerdings hat Daniell **) ein verbessertes Wasserbarometer hergestellt. Von zwei 40 Fuß langen cylindrischen Glasröhren wurde eine, deren Durchmesser von 1 Zoll bis 0'',8 abnahm, nachdem 3 Fuß abgeschnitten worden, in einen kupfernen Dampfkessel, welcher das Gefäß des Barometers werden sollte, luft- und dampfdicht eingesetzt. Außer dem cylindrischen Deckel war der Kessel 18 Zoll lang, 11 Zoll breit und 10 Zoll hoch. Durch das obere offene Ende der Röhre wurde ein Thermometer mit einer Platinscale eingelassen, welches gegen die Innenwand der Röhre federte. Das obere Ende der Röhre wurde dann in eine 6 Zoll lange und 1/4 Zoll weite Röhre zusammengezogen und oben durch einen daran befestigten Hahn verschlossen. Nachdem das Wasser im Dampfkessel eine Zeitlang im Kochen erhalten worden, wurde der Hahn desselben geschlossen, so daß durch den Druck der Dämpfe das Wasser allmälig in der Röhre in die Höhe gehoben wurde und zuletzt in einem unterbrochenen Strahl von 110° F. Temperatur aus der Oeffnung des obern Hahns herausspritzte. Nachdem dieser verschlossen und der Hahn des Kessels wieder geöffnet worden, fiel das Wasser ohne Luftentwickelung, und nun wurde die enge Röhre, an welcher der Hahn befindlich war, unter demselben geschlossen. Da sie dabei einen Riß erhielt, so wurde später der obere Hahn weggelassen und beim Schließen die Oeffnung mit dem Finger zugehalten. Das noch erwärmte Wasser des Gefäßes wurde dann, um eine Luftabsorption zu verhindern, mit einer 1/2 Zoll hohen Schicht von Ricinusöl bedeckt. Das Resultat der längere Zeit mit dem Instrument angestellten Beobachtungen war aber, daß dennoch Luft von dem Wasser absorbirt worden war. Daniell glaubt, daß eine 4 bis 5 Zoll dicke Oelschicht dies verhindern würde.

Weil das Quecksilber die schwerste unter allen bekannten Flüssigkeiten ist und also von ihm eine geringere Menge, als von andern Flüssigkeiten, hinreicht, der Atmosphäre das Gleichgewicht zu halten, bedient man sich desselben allgemein zur Verfertigung der Barometer. Während ein Quecksilberbarometer nur eine Röhre von etwas über 28 Zoll Länge zu haben braucht, muß die Röhre eines Wasserbarometers eine Länge von mehr als 32 Par. Fuß haben, denn das Quecksilber ist 13,6 mal schwerer als Wasser, es wird also eine Quecksilbersäule von 28 Zoll Länge ebenso viel wiegen als eine Wassersäule gleicher Stärke von 13,6 mal 28 Zoll, d. i. von fast 32 Fuß.

Das erste Barometer bestand aus einer oben zugeschmolzenen, unten offenen Glasröhre, welche mit dem offenen Ende unter die Oberfläche einer unbestimmten, in einem offenen Gefäße enthaltenen Menge Quecksilber gesenkt ist, und in welcher bei gewöhnlichem Luftdrucke eine Quecksilbersäule von etwa 28 Zoll steht. Ueber der Quecksilbersäule befindet sich in der etwa 32 Zoll langen Röhre ein leerer Raum, die Torricelli'sche Leere (lat. vacuum Torricellianum), die leere Kammer des Barometers genannt.

*) Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. III. S. 45.
**) Philos. Transact. 1832. p. 539. Vergl. Dove's Repert. Bd. I. S. 39.

Man kann ein solches einfaches Barometer leicht herstellen, wenn man eine Glasröhre, die an einem Ende zugeschmolzen ist, mit Hülfe eines kleinen Trichters von Papier oder Glas mit Quecksilber füllt, den Finger auf die Mündung legt, die Röhre umdreht und sammt dem deckenden Körper in ein offenes Gefäß mit Quecksilber senkt, so daß das offene Ende rings von Quecksilber umgeben ist. Man zieht hierauf den Finger hinweg. Ist nun die Röhre weniger als 28 Zoll lang, so bleibt sie ganz gefüllt; ist sie länger als 28 Zoll, so läuft ein Theil des Quecksilbers aus der Röhre in das Gefäß und oben in der Röhre sinkt das Quecksilber herab, bis sein Niveau etwa 28 Zoll über dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße steht. Ein Barometer, welches wesentlich in dieser Art zusammengesetzt ist, heißt ein Gefäßbarometer (franz. baromètre à cuvette). Ist das Gefäß an die Röhre selbst angeschmolzen in Gestalt einer offenen Flasche, Birne oder Kugel, so heißt man das Instrument ein Flaschenbarometer, Birnbarometer, Kapselbarometer, Phiolenbarometer. Ist aber endlich die Röhre heberförmig umgebogen, so daß sie aus einem verschlossenen längern und einem offenen kürzern Schenkel besteht, so hat man ein Heberbarometer (franz. baromètre à siphon). Dies sind die wesentlichen Abänderungen, welche bei den verschiedenen Barometern vorkommen; welche besonderen Einrichtungen man dem Barometer gegeben hat, um es so vollkommen als möglich herzustellen und um es zu gewissen speciellen Benutzungen brauchbar zu machen, wird später gesagt werden. Die Länge der vom Drucke der Luft getragenen Quecksilbersäule kann man mit einem gewöhnlichen Maßstabe messen; der Bequemlichkeit wegen bringt man aber ihn, die Barometerscale, gleich am Instrumente selbst auf eine den Gebrauch möglichst erleichternde Weise an.



Auzout *) hat einen Apparat angegeben, welcher beweist, daß die Barometererscheinungen durch den Druck der Luft bewirkt werden. Das luftdichte Gefäß eghf ist mit den beiden Glasröhren ab, cd versehen und ganz mit Quecksilber gefüllt. Beide Röhren sind über 29 Zoll lang und die eine ist bei d verschlossen. Bei c, b und a sind die Röhren offen. Kehrt man den Apparat um, so daß er in die Lage kommt, wie die Zeichnung angiebt, und das offene Ende a im Quecksilbergefäße op steht, so wird das Quecksilber bis zur Höhe von 28 Zoll, also bis mn im Gefäße, in der obern Röhre aber ganz herabsinken. Wird dann in dem Gefäße bei g ein kleines Loch geöffnet, so daß Luft in das Gefäß dringt, so steigt sogleich das Quecksilber in der oberen Röhre bis i und fällt aus der untern ganz herab, so daß man also den Luftdruck als eigentliche Ursache des Barometers sichtbar wahrnimmt; indem derselbe das untere Barometer aufhebt, stellt er das obere her.

Die vielfache Anwendung des Barometers bei Versuchen und Beobachtungen, wo es auf Schärfe und Genauigkeit ankommt, macht eine sehr sorgfältige Herstellung desselben nöthig. Wollte man es nur in der angegebenen rohen Weise herstellen, so würde man ein Instrument erhalten, das zu Beobachtungen, wie sie der Stand der Wissenschaft verlangt, unbrauchbar wäre. Bei einem vollkommenen Barometer

*) System of Mechanical Philos. by J. Robinson, with notes by D. Brewster. Edinb. IV. Vol. 8. m. 538.

muß das Quecksilber völlig rein von andern Metallen, von Schmutz und von Luft sein; die Röhre muß von gleichmäßiger Weite und gehöriger Länge sein, auch weder in dem Raume über der Quecksilbersäule, noch zwischen dieser und ihrer inneren Fläche Luft enthalten, denn sonst würde die Länge der Quecksilbersäule nicht die Größe des Luftdruckes von außen, sondern den Unterschied des äußeren und inneren Luftdruckes angeben; das Gefäß muß so beschaffen sein, daß es dem Quecksilber bei Veränderung des Luftdruckes Steigen und Sinken gestattet, die äußere Luft, damit ihr Druck erkannt werden kann, nicht abschließt und dabei dennoch das Quecksilber vor Verunreinigung durch Staub und Schmutz möglichst sichert; ein Maßstab endlich muß so angebracht sein, daß man an ihm die Veränderung des Barometerstandes wohl ermessen kann, auch muß die Ausdehnung, welche das Material, auf welches derselbe verzeichnet ist, bei Temperaturveränderungen erleidet, in Rechnung gebracht oder unschädlich gemacht werden können.

Was zunächst das Quecksilber betrifft, so ist dessen Reinheit am deutlichsten und sichersten aus einer rein spiegelnden Oberfläche und daran zu erkennen, daß es sich weder an Glas noch an Papier hängt und auf dem letzteren keine metallischen Streifen hinterläßt. Baumgartner zieht dieses Kennzeichen der Reinheit des Quecksilbers demjenigen vor, welches das specifische Gewicht giebt. Er sagt*): „Ich habe öfters Quecksilber mit aller Sorgfalt aus rothem Quecksilberoxyd reducirt und ein reines Metall erhalten. Wenn ich aber zu einem Pfund desselben nur einen Gran Zinn gab, bekam die Mischung plötzlich eine beinahe aschgraue faltige Haut an der Oberfläche und hing sich an das Glas, ja sogar an die Finger an, trug also alle Spuren der chemischen Verunreinigung deutlich an sich, und doch würde wohl der beste Experimentator mit der vorzüglichsten Wage nicht im Stande sein, diese Beimischung aus einer Aenderung des specifischen Gewichts zu erkennen." — Um das Quecksilber, wie man es im Handel erhält, zu reinigen, schüttelt man es mehrmals mit reiner, stark verdünnter Salpetersäure. Am besten ist es, das Quecksilber mehre Wochen lang mit der Säure in Berührung zu lassen. Um dann aber die Säure wieder vollständig wegzuschaffen, wird das Quecksilber mit destillirtem Wasser so oft als nöthig ausgewaschen. Das stets im destillirten Quecksilber enthaltene Quecksilberoxyd wird durch Schütteln mit verdünntem Schwefelammonium fortgeschafft. — Nach Muncke**) reinigt man chemisch verunreinigtes Quecksilber am besten dadurch, daß man es erst in Zinnober verwandelt und dann aus diesem reducirt. In einem irdenen Tiegel wird 1 Theil Schwefel geschmolzen; darauf thut man 5 Theile des verunreinigten Quecksilbers hinzu, rührt beständig mit einem eisernen Spatel, bis beide sich mit einer Explosion verbinden, wobei, namentlich bei größeren Quantitäten, einige Vorsicht anzuwenden ist. Die erkaltete Masse wird herausgenommen, in einem eisernen oder steinernen Mörser gepulvert und in einen Glaskolben gethan, welcher nur etwa zu $^2/_3$ angefüllt sein darf; letzterer wird dann, mit etwas Papier lose verstopft, in einem Tiegel mit Sand mehre Stunden einer allmälig verstärkten Rothglühhitze ausgesetzt, bis sich der Zinnober völlig sublimirt hat. Dieser wird herausgenommen, gepulvert, mit $^1/_2$ Eisenfeile oder nahe einer gleichen Menge Kalk gemengt, und dann am besten aus einer eisernen Retorte im Sandbade destil-

*) Baumgartner, Naturlehre. Supplementband. S. 134.
**) Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 881.

lirt. Statt der letzteren kann man auch eine irdene oder eine gläserne beschlagene nehmen, läuft aber bei der ersteren Gefahr, durch die Porosität derselben Quecksilber zu verlieren, und ist bei der letzteren nicht gegen das Zerspringen gesichert. Den Hals der Retorte umwickelt man mit mehrere Zolle vorstehendem Fließpapier und taucht das Ende desselben in ein Gefäß mit Wasser, in welchem man dann das gereinigte Quecksilber findet *). — Baumgartner schlägt, um chemisch unreines Quecksilber zu reinigen, vor, man solle das unreine Quecksilber in Schwefelsäure auflösen, das schwefelsaure Quecksilber mit Aetzkalk mengen, erhitzen und das freiwerdende Quecksilber auffangen. — Ist indeß das Quecksilber chemisch rein und nur mechanisch mit Schmutz und Staub verunreinigt, so kann man es sogleich dadurch reinigen, daß man es einige Mal durch Trichter von Schreibpapier oder durch ein trichterförmig gewundenes Kartenblatt laufen läßt, noch besser, wenn man es in einer Flasche von Steingut mit einigen glühend hineingeworfenen Holzkohlen schüttelt und sodann durch Papiertrichter laufen läßt. — Von Wasser und Luft trennt man das Quecksilber durch die Hitze.

Bei der Wahl der Glasröhre muß man sein Augenmerk auf Mehreres richten. Erstens muß sie aus einem harten Glase bestehen, denn bei weichem Glase kommt es leicht vor, daß eine Zersetzung beim Auskochen, von welchem sogleich die Rede sein wird, stattfindet. Namentlich erwähnt Baumgartner (a. a. O.), daß dieses mit mehreren in Oesterreich verfertigten Glassorten der Fall sei. Indeß darf man auch kein zu hartes Glas wählen, weil dieses der Gefahr des Springens beim Auskochen ausgesetzt ist; am meisten hüten muß man sich vor solchen Röhren, die schon feine Sprünge haben, welche als ganz feine Linien, die der Länge nach die Glasröhre überziehen, sichtbar sind.

Zu Gefäßbarometern nimmt man eine Röhre von etwas über 32 Zoll. Die Dicke der Seitenwand der Röhre darf nicht über $1/2$ Lin. betragen, weil die Röhre sonst leicht bei der Erhitzung springt, durch dünnes Glas setzt sich hingegen die Wärme leichter und gleichmäßiger fort; aber auch nicht zu dünn darf die Glasröhre sein, indem dieselbe sonst bei dem geringsten Stoß des Quecksilbers gegen das obere Ende zerschellt werden würde; am vortheilhaftesten wird eine Glasdicke von 0,2 Lin. sein. Die Weite der Röhre darf nicht unter 1,5 Lin. und in der Regel nicht über 3 Lin. sein; denn wollte man eine engere Röhre nehmen, so würde das Quecksilber durch die Adhäsion an den Wänden in der leichten Beweglichkeit gehindert, auch der Einfluß der Haarröhrchenanziehung (von welcher später besonders) zu groß sein, bei einer weiteren Röhre dagegen würde die Menge und also auch das Gewicht des Quecksilbers unnöthig vermehrt werden, auch die Gefahr, daß in den oberen leeren Raum Luft eindringe, groß sein. Man hat jedoch zuweilen Barometerröhren von 6''' Durchmesser angewendet. Die Glasröhre muß ferner von durchgängig gleicher Weite sein, eine Eigenschaft, die, gemäß ihrer Bereitungsart, nur wenige Glasröhren vollkommen besitzen. Die Glasröhren laufen in der Regel conisch zu, d. h. das obere Ende ist enger als das untere. Um zu untersuchen, ob eine Glasröhre von durchgängig gleicher Weite sei, bedient man sich des folgenden Mittels, welches man das Calibriren nennt, weil es dazu dient, das Caliber, die Weite der Röhre, zu untersuchen.

---

*) Ueber das Destilliren des Quecksilbers vergl. Döbereiner's Theorie u. Praxis der pharmaceut. Arbeiten. Leipzig u. Basel, 1831. S. 67.

Man befestigt einen Kork an einen Bindfaden und zieht denselben durch die zu untersuchende Röhre; zugleich läßt man über dem Kork einen Tropfen Quecksilber mit durch die Röhre laufen. Dieser nimmt in der Röhre die Gestalt eines kleinen Cylinders an; indem man nun die Länge dieses Cylinders beobachtet, findet man, ob die Röhre durchgängig von gleicher Weite sei. Dieses ist nämlich der Fall, wenn beim Durchlaufen der Quecksilbercylinder von stets sich gleichbleibender Länge ist; finden sich dagegen engere und weitere Stellen in der Röhre, so wird der Cylinder bei jenen länger, bei diesen kürzer werden. Die Beobachtung der Länge des Cylinders kann mittelst des Cirkels oder noch leichter mittelst eines Kartenblättchens, auf welches man sich die Länge desselben, die er beim ersten Einfüllen hatte, verzeichnet, angestellt werden. Bei Heberbarometern pflegt man, damit das obere längere Ende und der kürzere Schenkel von möglichst gleicher Weite seien, zu letzterem das oben abgeschnittene Stück des längeren zu nehmen. — Hat man nun eine Glasröhre gefunden, welche allen den genannten Bedingungen entspricht, so reinige man sie zuvörderst von allem inwendig anhaftenden Schmutz und Staub. Man befestige einen Wischer von Baumwolle an einen Bindfaden und ziehe ihn wiederholt durch die oben und unten noch offene Röhre, bis sie ganz rein erscheint. Nun erst schmelze man ein Ende der Röhre über der Schmelzflamme einer Glasblaßlampe zu. Dies darf aber nicht so geschehen, daß die Röhre in eine Spitze auslaufe, weil es dann schwer halten würde, alle Luft daraus zu vertreiben, was doch geschehen muß; es muß die Röhre oben in eine etwas erweiterte Wölbung endigen. Man hat, um das leichte Zerschellen, wenn bei Erschütterungen die Quecksilbersäule im Barometer gegen die Wölbung schlägt, zu hindern, vorgeschlagen, die Glasröhre 0,5 bis 0,75 Zoll unter ihrem oberen Ende bis zu einer Weite von etwa $^1/_3$ Lin. zusammenzublasen, damit durch den engeren Raum die Gewalt des Quecksilbers, ehe es gegen die obere Wölbung schlägt, gebrochen werde. Derartige Röhren sind indeß beim Auskochen dem Zerspringen sehr ausgesetzt und das in das obere Ende gekommene Quecksilber bleibt nicht selten in diesem hängen, wenn es herabsinken soll.

Die Füllung der Röhre muß nun so geschehen, daß durchaus keine Luft und kein Dampf sich in dem Raume über dem Quecksilber sammeln kann, sondern daß derselbe vollkommen leer sei. Schon oben ist gesagt worden, daß Luft und Feuchtigkeit durch Erhitzen aus dem Quecksilber vertrieben werden; dieses kann geschehen, indem man es in einer gläsernen Phiole über ein heißes Blech oder auf einen heißen Ofen stellt, bis das Glas mit feinen Quecksilbertropfen überzogen zu werden anfängt, dann nimmt man es weg und läßt es vor dem Einfüllen in die Röhre auskühlen. Wollte man es warm einfüllen, so würde die Röhre mit einem feinen Thau beschlagen und man würde Gefahr laufen, daß sich Feuchtigkeit dem Quecksilber beimenge, welche wegzuschaffen viele Mühe kostet. Auch die Röhre wird vor dem Einfüllen des Quecksilbers stark erhitzt, damit sich alle Feuchtigkeit aus derselben entferne. Das Verfahren, welches man beobachtet, ist nach Biot *) folgendes: Man giebt in einem kleinen, an einem Rande mit einem Ausschnitte versehenen Ofen von irdener Masse Hitze durch glühende Kohlen, die man jedoch so anzuordnen hat, daß sie nicht in Flammen aufschlagen, weil die Röhre unfehlbar zerspringen würde, wenn sie unmittelbar von der Flamme berührt würde.

*) Biot's Experimental-Physik, übers. von Fechner. Zweite Aufl. Bd. I. S. 209.

Darauf hält man die Röhre noch leer über das Feuer, erst von Weitem, allmälig immer näher, bis sie endlich sehr stark erhitzt ist, wobei man sie zugleich um sich selbst zwischen den Fingern zu drehen und in ihrer ganzen Länge über dem Feuer hinzuführen hat, um sie allen ihren Theilen nach zu erhitzen. Dieser erste Theil der Operation hat zum Zweck, die Wassertheilchen, welche sich zufällig in der Röhre befinden könnten, zu entfernen; denn wollte, man damit bis nach dem Eingießen des Quecksilbers warten, so würde der aus ihnen erzeugte Wasserdampf dieses durch seine Expansivgewalt heraustreiben oder wenigstens Erschütterungen hervorbringen, welche das Springen des Apparats nach sich ziehen könnten. Ist die Röhre auf solche Weise wohl ausgetrocknet, so gießt man schon gekochtes Quecksilber hinein, nicht in solcher Quantität, um sie ganz anzufüllen, sondern bloß so viel, daß es eine Länge von fünf bis sechs Centimetern (etwa 2 Zoll) einnimmt; darauf hält man die Röhre abermals über das Feuer, aber mit noch mehr Vorsicht als das erste Mal, und giebt allmälig immer mehr Hitze, bis das Quecksilber anfängt, ins Sieden zu kommen. Hat dies einige Augenblicke gedauert, so zieht man die Röhre vom Feuer ab, verschließt sie, um das Eindringen der Feuchtigkeit zu verhüten, mit einem Stöpsel und läßt sie erkalten. Diese Operation muß in einem Zimmer mit offenen Fenstern vorgenommen werden oder wenigstens in einem, das geräumig genug ist, um eine nachtheilige Einwirkung der Quecksilberdämpfe auf den Operirenden zu verhüten. Nachdem die Röhre erkaltet ist, nimmt man sie wieder zur Hand, gießt eine neue, der ersten ziemlich gleiche Quantität Quecksilber hinein, läßt dieses abermals kochen und wiederholt den Versuch auf die nämliche Weise, bis die Röhre fast ganz voll ist. Darauf schüttet man die noch folgende geringe Quecksilbermenge hinzu, läßt sie aber nicht in der Röhre kochen, weil sie dadurch herausgetrieben werden würde.

Etwas anders giebt Baumgartner*) das Verfahren beim Auskochen der Röhre an. Man soll die Röhre anfänglich nur etwa zur Hälfte ausfüllen und sie dann alsogleich auskochen. Zu diesem Behuf dient eine gewöhnliche Räucherpfanne mit einem an der Seitenwand angebrachten Ausschnitt, der zur Aufnahme der Glasröhre bestimmt ist. Man legt in diese Pfanne schon glühende Kohlen, sorgt aber dafür, daß in der Nähe des Ausschnittes eine große flache Kohle auf den Boden zu liegen komme und zu beiden Seiten derselben die Kohlen aufgethürmt seien, aber nach der der Spalte entgegengesetzten Seite zu immer abnehmen, zugleich aber auch, daß zwischen diesen Kohlen gleichsam eine Rinne zur Aufnahme der Glasröhre übrig bleibe. Nun wird die Glasröhre zuerst mit dem geschlossenen Ende den glühenden Kohlen sorgfältig genähert, damit sie sich langsam erhitze, endlich gar in die Kohlenspalte gesenkt und dabei immer um ihre Axe gedreht, während man sie in einer schiefen Richtung, etwa 25—30° gegen den Horizont geneigt hält. Bald wird man bemerken, daß das Glas fast matt wird, mithin sich Luftblasen entwickeln, die immer größer und größer werden und endlich längs der Glaswand in die Höhe steigen, wobei sie ihren Weg durch einen besondern Glanz des Quecksilbers bezeichnen, zum Beweise, daß sie die meiste Luft mitgenommen haben. Man thut gut, die Stelle, von wo aus sich die Blasen auf diese Weise entwickelt haben, durch Vorschieben der Röhre aus dem Feuer zu bringen, damit eine andere Stelle dahin gelange und diese Operation bis zum Ende des Quecksilbers

*) A. a. O. S. 137.

fortgesetzt werde. Bei der zweiten und den folgenden so zu behandelnden Stellen wird man nicht lange auf die Blasenentwickelung warten dürfen, weil sie schon erhitzt in den eigentlichen Feuerraum kommen. Hat man auf diese Weise den größten Antheil Luft aus dem Glase vertrieben, so beginnt man die Arbeit wieder von Neuem und läßt dabei das Quecksilber in starkes Sieden kommen. Man braucht dazu nur wie bei der vorhergehenden Arbeit zu verfahren, mit dem Unterschiede, daß man jede einzelne Glasstelle nicht eher vorschiebt, als bis das Quecksilber heftig kocht und sich weder an der Stelle, wo dieses geschieht, noch weniger aber unterhalb noch Luftblasen zeigen. Wenn man der Glasröhre nur eine sanfte Neigung gegen den Horizont giebt und sie langsam um ihre Axe dreht, wird man leicht jedes Bläschen bemerken und es bald vertreiben, wenn man nur die Stelle unterhalb desselben dem stärksten Feuer aussetzt. Hat man auf diese Weise das ganze bereits eingefüllte Quecksilber ausgekocht, so läßt man es auskühlen, füllt dann die ganze Röhre weiter mit frischem Quecksilber bis auf ein etwa 1—1$^1/_2$ Zoll langes Stück an und verfährt mit diesem wie vorhin. Man soll aber ja nicht kaltes Quecksilber auf warmes nachfüllen, weil sich jenes als das dichtere senkt und wieder Luft in den unteren, schon ausgekochten Theil bringt. Uebrigens ist nicht daran zu denken, daß ein Barometer schon vollkommen luftleer sei, wenn man es einmal ausgekocht hat; es ist nothwendig, diese Arbeit zwei, dreimal und öfter zu wiederholen, bis man endlich gar keine Luftblase mehr bemerkt. Nur das oberste Stück, das man beim ersteren Processe immer leer lassen mußte, um für die durch Erhitzung bewirkte Ausdehnung des Quecksilbers Raum zu haben, braucht man nur einmal gut durchzukochen.

Muncke*) ist der Meinung, es sei nöthig, um vollkommene Reinheit zu erhalten, die ganze Röhre zugleich über einer hinlänglichen Menge Kohlen auszukochen, eine Methode, welche der Mechanicus Clarcy bei einigen Barometern anwandte und welche nach der Aussage des Dr. Cimke ein gemeiner Glasbläser in Hamburg bei allen für Repsold ausgekochten Barometerröhren befolgt. Auch d'Angos**) giebt an, daß er, um übereinstimmende Barometer zu erhalten, die Röhren mit reinem Quecksilber fülle, die obere Mündung mit einem länglichen Sacke von Leinen verbinde, um das durch das Sieden herausgeworfene Quecksilber aufzunehmen, dann drei Röhren zugleich in ein Futteral von Eisenblech mit feiner Asche gefüllt einschließe, dieses allmälig erhitze und dann über Holzkohlen in einer etwas geneigten Lage eine halbe Stunde kochen lasse. Ist hierbei zu viel Quecksilber aus der Röhre gekommen, so werden die Röhren nachgefüllt und abermals gekocht, wodurch sie völlig luftleer werden. Indeß scheint diese Methode wegen des heftigen Siedens des Quecksilbers kaum anwendbar und auf jeden Fall der leinene Sack nicht hinlänglich gegen das Auslaufen und Verdampfen des Quecksilbers schützend, abgerechnet, daß derselbe in der großen Hitze des Sandes verkohlen muß. Gerathener dürfte es zur Erreichung dieses allerdings wichtigen Zweckes sein, an das offene Ende der Barometerröhre eine hinlänglich weite Kugel mit einer feinen etwas gebogenen Spitze anzublasen, in welcher das wallende und durch die Hitze stark ausgedehnte Quecksilber sich sammeln und aus derselben wieder in die Röhre zurückfließen könnte, diese Kugel aber so weit vom Feuer entfernt zu halten, daß

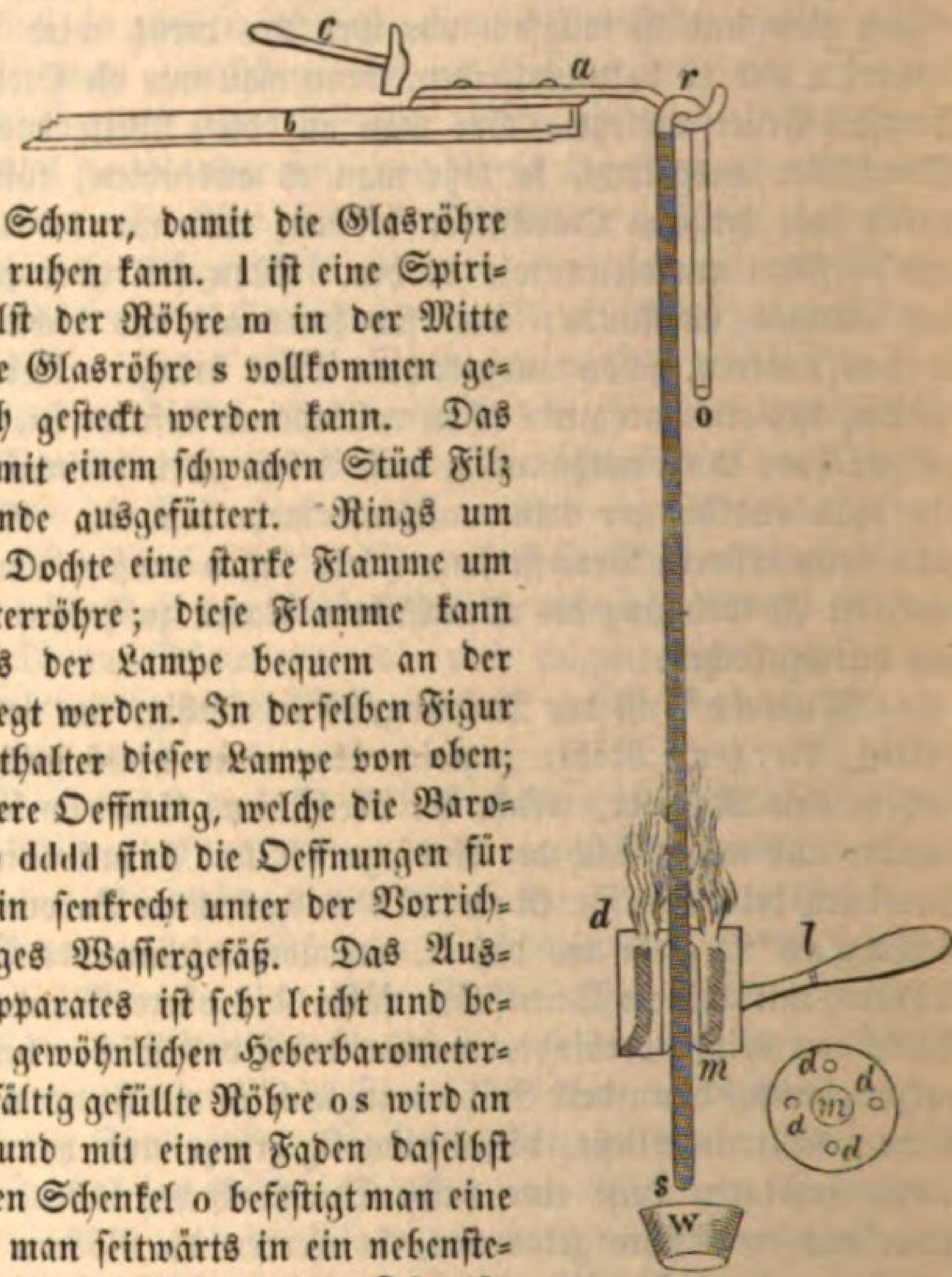
---

*) Gehler's phys. Lex. Neue Ausg. Bd. I. S. 883.

**) Journ. de phys. T. LXXIII. p. 146.

das Quecksilber in derselben während des heftigen Siedens in der Röhre nur wenig siedet, um nicht zu großen Verlust durch die entweichenden Dämpfe zu erleiden. Arbeiter, welche dieses Auskochen oft und anhaltend verrichten, müssen zum Schutze gegen den schädlichen Einfluß der Quecksilberdämpfe die Athmungswerkzeuge mit einem nassen Badeschwamme verhüllen.

Ein Verfahren bei Auskochung der Barometerröhre, welches sehr verdient berücksichtigt zu werden, giebt Romershausen*) an, wie folgt: Irgendwo an einer Wand wird in passender Höhe die elastische Holzlatte b (s. beistehende Fig.) sicher befestigt und am andern Ende derselben a der eiserne Haken r aufgeschroben. Man umwindet alsdann diesen Haken mit einer wollenen Schnur, damit die Glasröhre ohne Beschädigung darauf ruhen kann. l ist eine Spirituslampe, welche vermittelst der Röhre m in der Mitte so durchbrochen ist, daß die Glasröhre s vollkommen geräumig durch sie hindurch gesteckt werden kann. Das Innere dieser Röhre ist mit einem schwachen Stück Filz bis nahe zum oberen Rande ausgefüttert. Rings um die Röhre m bilden vier Dochte eine starke Flamme um die durchgesteckte Barometerröhre; diese Flamme kann vermittelst des Handgriffs der Lampe bequem an der Röhre auf und nieder bewegt werden. In derselben Figur sieht man unten den Dochthalter dieser Lampe von oben; m ist die geräumige, mittlere Oeffnung, welche die Barometerröhre aufnimmt, und dddd sind die Oeffnungen für die vier Dochte. W ist ein senkrecht unter der Vorrichtung stehendes, geräumiges Wassergefäß. Das Auskochen vermittelst dieses Apparates ist sehr leicht und bequem, es ist hier an einer gewöhnlichen Heberbarometerröhre dargestellt. Die sorgfältig gefüllte Röhre os wird an dem Haken r aufgehängt und mit einem Faden daselbst festgebunden. An den kurzen Schenkel o befestigt man eine leichte Papierrolle, welche man seitwärts in ein nebenstehendes Glas mit Wasser leitet, um die etwaigen Dämpfe, wie das etwa übersteigende Quecksilber daselbst aufzufangen. Man zündet alsdann die Lampe l an, läßt die senkrecht herabhängende Röhre s durch die Oeffnung m hindurchgleiten und erhitzt anfangs durch schnelles Herauf- und Hinabbewegen der Lampe die ganze Röhre allmälig und gleichförmig. Alsdann fängt man unten bei s das eigentliche Kochen an und schreitet damit nach und nach an der Röhre hinauf. Durch Bewegung der Lampe ober- und unterhalb des Kochpunktes kann man sehr leicht das schnelle und der Röhre gefährliche Herabfallen des steigenden Quecksilbers verhüten, wozu schon der erste Versuch hinlängliche Anleitung giebt. Während dieser Operation giebt ein Gehülfe fortwährend mit einem Hammer kleine Schläge



*) Pogg. Ann. Bd. IV. S. 338. Fechner's Repert.

auf die Holzlatte, welche dadurch in andauernde Vibration gesetzt wird und das senkrechte Aufsteigen der Luft und Wasserdämpfe in der Röhre ungemein beschleunigt und fördert. Die Vibration der Holzlatte kann auch ohne Gehülfen durch einen einfachen Fußtritt leicht bewirkt werden. Das Auskochen der Röhre erfolgt auf diese Weise so schnell und vollkommen, als es auf keinem andern Wege möglich ist; man ist dabei so ganz gegen alle schädlichen Ausdünstungen des Quecksilbers, wie auch gegen jeden Verlust dieses Metalls, gesichert, daß selbst in dem kaum möglichen Falle des Zerspringens auch nicht der kleinste Theil des Quecksilbers zerstreut werden kann, denn der ganze Inhalt der Röhre fällt augenblicklich in das Wassergefäß W herab.

Hat man die Glasröhre zu einem Gefäßbarometer wohl ausgekocht, so verschließt man ihr oberes Ende sorgfältig mit dem Finger, so daß ja keine Luft zwischen der Fingerspitze und dem Quecksilber bleibt, dreht sie um und bringt sie mit dem offenen Ende unter das gereinigte Quecksilber im Gefäße, wo man sie öffnet und nunmehr ein richtiges Gefäßbarometer gewonnen hat. Hat man, wie oben angegeben, die Röhre etwas über 32 Zoll lang genommen, so ritzt man noch vor dem Umwenden in einer Höhe von höchstens 32 Z. die Glasröhre ein und bricht das kürzere Stück etwas unterhalb der Oberfläche des Quecksilbers ab; hierauf wendet man, wie oben angegeben, die Röhre um.

Heberbarometer müssen schon vor dem Auskochen in die gehörige Form gebogen werden, mit Ausnahme des von Gay-Lussac angegebenen (s. d. Folg.), bei welchem wegen des zwischengesetzten engen Röhrchens der kürzere Schenkel erst nach dem Auskochen umgebogen wird, weil hierdurch das Auskochen um vieles leichter geschieht und beim Zusammenziehen des Quecksilbers nach dem Erkalten auch dafür gesorgt werden kann, daß ausgekochtes Quecksilber in die engere Röhre kommt.

Aus den Gesetzen der Adhäsion ist es zu erklären, daß sehr häufig, nachdem man die Röhre umgewendet hat, das Quecksilber, welches durch das Auskochen in die innigste Berührung mit der innern Wand der Röhre getreten ist, sich gar nicht oder doch nicht bis zu der natürlichen Tiefe herabsenkt, zuweilen auch oben ein Theil des Quecksilbers hängen bleibt, während die Säule unter ihm herunter geht. Die Röhre muß dann so lange sanft erschüttert werden, bis das Quecksilber seinen gehörigen Stand annimmt.

Je länger das Quecksilber in der Barometerröhre gekocht hat, desto mehr plattet sich die kugelförmige Kuppe ab, welche das obere Ende der Quecksilbersäule gewöhnlich hat und welche eine Folge der Anziehung der innern Glaswand der Röhre gegen das Quecksilber ist. — Dom Casbois machte im J. 1780 zuerst diese Bemerkung. Lange Zeit hielt man diese Abplattung für ein Zeichen von besonderer Güte eines Instrumentes. Dulong*) hat jedoch gezeigt, daß das Verschwinden der Quecksilberkuppe von einem Antheil Quecksilberoxyd herrühre, welcher sich während des Auskochens bildet und das Anhaften an das Glas vermehrt**). Um die Bildung von Quecksilberoxyd beim Auskochen möglichst zu vermeiden, muß man beim Kochen den Zutritt der Luft zu vermeiden suchen.

---

*) Poisson, nouv. théorie de l'action capillaire. p. 291. Pogg. Ann. Bd. XXVI. S. 455.

**) Poggendorff bemerkt a. a. O., für die Unzulänglichkeit der Erklärung Dulong's spreche die veränderliche Gestalt der Quecksilberfläche in weiten Barometern, für welche

Man hat in neuerer Zeit das Auskochen oft ganz unterlassen und die am Glase anhängende Luft und Feuchtigkeit dadurch zu entfernen gesucht, daß man das Quecksilber warm in die Röhre gefüllt hat. Bei den geraden Röhren, deren man sich zu Gefäßbarometern bedient, hat man, um diese Art der Füllung zu bewirken, einer etwas weiten und langen Thermometerröhre sich bedient, welche oben trichterförmig erweitert ist. Diese senkt man in die Barometerröhre bis auf den Boden derselben und gießt durch sie das warme Quecksilber ein. Wird dies mit Sorgfalt ausgeführt, so läßt sich die Luft und die Feuchtigkeit vollkommen entfernen. Mohl hat vorgeschlagen, anstatt die Barometerröhren auszukochen, das mit Quecksilber gefüllte Barometerrohr mit einer Luftpumpe in Verbindung zu setzen und dann die Luft durch Auspumpen zu entfernen. Breithaupt trocknet die Röhre vor dem Einfüllen und Kochen des Quecksilbers unter der Luftpumpe mit Chlorcalcium sorgfältig aus.

Das Gefäß des Barometers verdient noch besondere Berücksichtigung*). Bei dem Birnbarometer ist das Gefäß eine unmittelbar an die Röhre angeschmolzene Glaskugel, deren Durchmesser sich zu dem der Röhre wie 10 : 1 verhalten soll, selbst wenn das Instrument nur als Zimmerbarometer gebraucht wird, damit die Veränderungen des Quecksilberstandes in der Kugel so klein ausfallen, daß man sie für den gewöhnlichen meteorologischen Gebrauch vernachlässigen kann. Ein eigentliches Quecksilbergefäß kommt nur bei jenen Barometern vor, die davon den Namen Gefäßbarometer führen. Ein solches Gefäß besteht aus Glas, Eisen, Bein oder Holz und zwar im letzteren Falle meistens aus Buxbaumholz. Gläserne Gefäße braucht man nur in dem Falle, wo man die Oberfläche des Quecksilbers durch ein im Innern des Gefäßes vorhandenes Merkzeichen reguliren will; eiserne, wenn das Instrument besondere Festigkeit besitzen soll und man der Luft durch eine eigne Oeffnung Zutritt gestatten will; hölzerne Gefäße sind von allen die brauchbarsten, sie lassen, wenn auch die Wände $^1/_2$ Zoll dick sind, ohne besonders angebrachte Oeffnung schnell Luft, aber nicht Quecksilber durch, besitzen eine Festigkeit, vermöge welcher sie selbst starken äußeren Einwirkungen widerstehen, und sind leicht von jeder beliebigen Größe zu erhalten. Beinerne Gefäße mögen wohl zierlich aussehen, taugen aber wegen ihrer hygroskopischen Beschaffenheit und wegen des so leicht erfolgenden Schwindens nicht viel. Die Form dieser Gefäße ist immer cylindrisch und die untere Hälfte ist mit einem ledernen Sack (am besten aus Hunds-

---

sich oft kein nachweisbarer Grund angeben läßt, und die Erfahrung von Schieck, daß jene gerade in weiten Röhren, bei welchen Dulong den Einfluß jener Auflösung des sich bildenden Oxyds wegen der größeren Quecksilbermasse für unbedeutend hält, durch das Kochen concav ward. — Bohnenberger konnte bei sorgfältigem Auskochen von Barometern, die mit Quecksilber gefüllt waren, welches aus rothem Präcipitat und aus Zinnober gewonnen war, nie eine ebene oder hohle Oberfläche erhalten, wenn der Durchmesser der Röhre 5,8 und 3,14 Linien betrug. Diese Oberfläche war hingegen bis auf einen Abstand von 2 Linien vollkommen eben in seinem 14,5 Linien weiten Normalbarometer. Ein Zusatz zum Quecksilber von $^1/_{6000}$ Silber veränderte die Depression und verflachte die Oberfläche. Es fand sich nämlich:

	Capillardepression	Höhe der Kuppe
bei reinem Quecksilber	0''',35	0''',43
„ amalgam. „	0''',19	0''',28.

Naturwissenschaftl. Abhandlungen, herausg. von einer Gesellschaft in Würtemberg. Tübing. 1822. Dove's Repert. Bd. I. S. 37. Vergl. d. Folg.

*) S. Baumgartner a. a. O. S. 139.

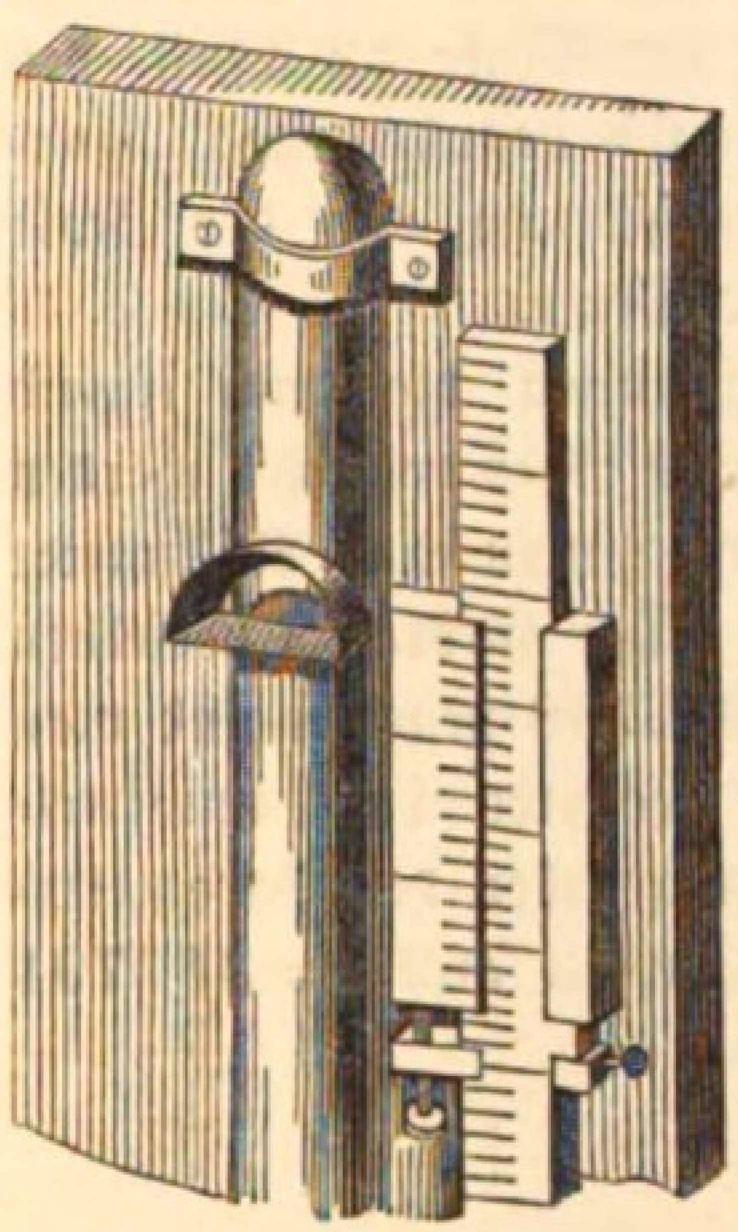
leder) versehen, der nur mit den Rändern am Umfange des Cylinders luftdicht haftet. Am oberen Deckel ist die Glasröhre eingekittet oder besser eingeleimt; der untere ist mit einer Schraube versehen, durch welche der Boden des Sackes, der das Quecksilber enthält, gehoben oder gesenkt wird.

Ein sehr wichtiger Theil des Barometers ist endlich der Maßstab; er muß nach einem allgemein anerkannten Maße verfertigt sein, dessen Verhältniß zu den übrigen gewöhnlich vorkommenden Längenmaßen bekannt ist. Am meisten empfiehlt sich wegen der genauen Bestimmtheit der Länge eines Meters und wegen der Decimaleintheilung, die für die Rechnung sehr bequem ist, die Theilung in Millimeter. Außer dieser Theilung kommt die in Pariser Linien am häufigsten vor. Sobald man den Maßstab auf einen neben der Glasröhre angebrachten Körper zeichnet, so dehnt sich derselbe durch die Wärme vom Glase unabhängig aus (s. d. Art. Ausdehnung). Bei Temperaturveränderungen werden hierdurch nothwendig Unrichtigkeiten herbeigeführt werden, wenn man nicht die Ausdehnung des Körpers, auf welchen der Maßstab verzeichnet ist, in Rechnung bringt. Am besten und einfachsten wird es sein, den Maßstab unmittelbar auf die Glasröhre zu zeichnen. Diese Einrichtung hat nur den Nachtheil, daß beim Zerbrechen der Glasröhre der mühsam gearbeitete Maßstab zugleich mit zerstört wird, während man, sobald der Maßstab auf einen andern Körper verzeichnet ist, ihn auch für jede neue Röhre gebrauchen kann. Ein anderes Bedenken gegen die Zeichnung des Maßstabes auf die Röhre ist, daß die Eintheilung füglich vor der Füllung der Röhre geschehen muß, und daß sich dann nach dem Einfüllen des Quecksilbers das Glas vermöge seiner Elasticität durch den Druck des Quecksilbers ausdehnt, die Theilung also unrichtig wird. Doch ließe sich diesem Uebelstande wohl zuvorkommen. Jedenfalls muß man die Ausdehnung des Körpers, auf welchen man den Maßstab zeichnet, genau kennen, es ist daher durchaus unstatthaft, papierene oder beinerne Maßstäbe zu wählen. Will man irgend genaue Bestimmungen haben, so muß der Maßstab mit einem Nonius versehen sein, welcher $^1/_{50}$ Lin. oder $^1/_{20}$ Millimeter angiebt. — Um die absolute Länge der von der atmosphärischen Luft getragenen Quecksilbersäule zu messen, muß man mit Hülfe des Maßstabes den Abstand des Niveau's des Quecksilbers im langen Schenkel von dem Niveau des Quecksilbers im Gefäß oder in dem kürzern Schenkel beim Heberbarometer bestimmen. Beim Gefäßbarometer hat das Quecksilber im Gefäß eine bei Weitem größere Oberfläche als das in der Röhre; das wenige Quecksilber, was beim Fallen der Säule aus der Röhre ausläuft, breitet sich auf dieser weiten Oberfläche des Gefäßes aus und bewirkt daher eine nur sehr unbedeutende Erhöhung desselben; ebenso ist das Steigen der Säule nur mit unbedeutender Erniedrigung des Niveau's im Gefäße verbunden. Daher pflegt man bei Gefäßbarometern, wenn es nicht auf große Genauigkeit ankommt, dieses Steigen und Fallen des Quecksilbers im Gefäße zu vernachlässigen, und den Stand desselben im Gefäß als sich gleich bleibend anzunehmen, und nur oben am Gipfel der Quecksilberröhre einen abgekürzten Maßstab anzubringen, dessen Theilpunkte den Abstand von dem (als Nullpunkt) constant angenommenen Niveau des Quecksilbers im Gefäß angeben. Es ist jedoch nöthig, um sich stets überzeugen zu können, daß das Niveau im Gefäße keine Veränderung erlitten, ein Merkzeichen (einen Strich oder einen von oben herabreichenden spitzigen Stift) anzubringen, welches die normale Höhe des Quecksilbers im Gefäße und den Nullpunkt des Maßstabes bezeichnet. Bei manchen Barometern, z. B. bei den später

näher zu erwähnenden von Gödeking, sowie bei denjenigen Barometern, welche in Paris unter dem Namen Genfer verkauft werden, hat das Gefäß eine den Normalstand bezeichnende, durch eine Schraube oder einen Stöpsel verschließbare Oeffnung. Diese Instrumente sind zum Transport eingerichtet. Das Gefäß wird vor dem Gebrauch des Instruments mit Quecksilber gefüllt, hernach wird, ehe man die Beobachtungen beginnt, die Oeffnung aufgeschlossen, das überflüssige Quecksilber fließt aus und das Niveau des Gefäßes stellt sich auf den Normalpunkt. Diese Einrichtung hat aber den Mangel, daß, wenn man die Quecksilbersäule oscilliren läßt, zu viel Quecksilber ausläuft, daß die Herstellung des Niveau's mühsam ist und daß das Auslaufen des Quecksilbers Nachtheile und Unannehmlichkeiten mit sich führt. Besser sind die Barometer, bei denen der Boden des Gefäßes gehoben oder gesenkt werden kann, um das Niveau im Gefäß zu reguliren. Man könnte auch den Nullpunkt des Maßstabes an der Röhre selbst bezeichnen und diese zum Verschieben einrichten, so daß sie immer bis zu diesem Punkte in das Gefäß eingesenkt würde. Bei Heberbarometern ist, wenn der kürzere Schenkel genau dieselbe Weite hat wie der längere, das Steigen und Fallen des Quecksilbers im langen Schenkel genau ebenso groß als das Fallen und Steigen im kurzen Schenkel. Fällt das Quecksilber im langen Schenkel, z. B. um eine Linie, so steigt es im kurzen um eine Linie, die ganze getragene Säule ist also um 2 Linien kürzer geworden. Bei einem solchen Instrumente braucht man also nur zu beobachten, um wie viel das Niveau im langen Schenkel sich verändert hat, die beobachtete Länge doppelt zu nehmen und das gefundene Resultat von der früheren Länge der Säule abzuziehen, wenn Fallen eintrat, dagegen es zu derselben zu addiren, wenn Steigen erfolgte. Die Schwierigkeit, beide Schenkel genau gleich weit zu erhalten, und die fortwährend in der Luft sich ereignenden Temperaturwechsel (vergl. d. Folg.) machen aber dieses Verfahren ungenau und daher muß man zum Zwecke sorgfältiger Beobachtungen stets die Höhe des Niveau's in beiden Schenkeln berücksichtigen. Zu diesem Zwecke bringt man entweder an beiden Schenkeln Maßstäbe an oder richtet den Maßstab, welcher so lang sein muß, wie die getragene Quecksilbersäule möglicherweise werden kann, zum Herauf- und Herunterschrauben ein, so daß vor jeder Beobachtung dieselbe mit ihrem Nullpunkte erst auf das Niveau des Quecksilbers im kurzen Schenkel eingestellt und hernach neben dem oberen Niveau auf dem Maßstabe die ganze Länge der Säule (der Barometerstand) direct abgelesen wird. Noch größere Vorzüge aber hat die Einrichtung, wo der gleichfalls am ganzen Instrumente herabgehende Maßstab seinen Nullpunkt in der Mitte hat und aufwärts von demselben, sowie abwärts gehörig eingetheilt ist. An diesem Maßstabe beobachtet man erst den Abstand vom Nullpunkte des Niveau's im kurzen Schenkel, dann den Abstand des Niveau's im langen Schenkel, addirt beide Angaben und hat nun die absolute Länge der getragenen Säule.

Verschiebbare Maßstäbe bringt man so an, daß sie in einer Nute des Bretes, auf welches die Röhre befestigt ist, mit Hülfe von Zahn, Stange und Zahnrad herauf und herunter geschoben werden können, indem man einen äußerlich angebrachten, auf der Axe des Zahnrades festsitzenden Knopf dreht. Ein an dem Nonius in der Höhe von dessen Nullpunkte festsitzender beweglicher Zeiger, der vor dem Glasrohre steht, wird vor dem Ablesen so eingestellt, daß das Auge, der Zeiger und der höchste Punkt des Quecksilbers in eine Horizontalebene kommen. Dabei kann man sich aber leicht irren; wenn man das Auge zu hoch oder zu niedrig hält,

stellt man auch den Zeiger zu hoch oder zu niedrig und erhält dann eine falsche Ablesung. Beim Heberbarometer kann ein ähnlicher Fehler auch beim Einstellen auf das untere Niveau vorkommen. Damit sich nun das Auge beim Einstellen des Maßstabes auf die Quecksilberniveaus nicht irre, sind besondere Absehen angebracht, über welche hinweg nach dem Quecksilberspiegel zu blickend das Auge sich in horizontaler Ebene mit letzterem befindet. Jede der beiden Absehen besteht aus zwei horizontal und parallel gespannten Fäden (Haaren oder Drähten) und wird von einem von dem Maßstabe ausgehenden Arme so getragen, daß sie vor die Barometerröhre zu stehen kommt. Das untere Diopter muß genau auf den Nullpunkt des Maßstabes eingerichtet sein, das obere sitzt am Nonius und entspricht eben so genau dessen Nullpunkte. Der Nonius ist auf gleiche Weise wie der ganze Maßstab mit Hülfe von Zahnstange und Rad beweglich.



Man hat mit den Maßstäben auch Mikroskope verbunden, um den Quecksilberstand ganz genau bestimmen zu können. Dieselben sind dann verschiebbar eingerichtet, lassen sich aber, nachdem sie durch Verschiebung ungefähr auf den richtigen Stand gebracht sind, hernach mit Hülfe von Mikrometerschrauben genauer einstellen. Bei dem Breithaupt'schen*) Barometer geschieht die Ablesung des Quecksilberstandes gegen eine mattgeschliffene, mit den Mikroskopen zugleich verschiebbare grüne Glasplatte. Im Innern der Mikroskope befindet sich eine Blendung, über welche ein Faden in horizontaler Richtung gezogen ist.

W. Weber **) hat eine Scale vorgeschlagen, welche zugleich höchst einfach und dabei so eingerichtet ist, daß das Auge leicht die richtige Stellung gegen dieselbe einnehmen und daß man eines Nonius entbehren kann, während man doch alle Vortheile desselben hat. Man wählt nämlich einen Streifen von dickem Spiegelglase zur Barometerscale und foliirt diesen auf der einen Seite seiner ganzen Länge und halben Breite nach so, daß er in zwei lange schmale Streifen zerfällt, von denen der eine einen Spiegel bildet, der andere durchsichtig ist. Auf der andern Seite, der Grenze des Spiegels und des durchsichtigen Glases gegenüber, wird mit dem Diamanten auf der Glasoberfläche die Scale aufgetragen, so daß alle Theilstriche zur Hälfte auf der durchsichtigen Seite liegen. Man stellt nun das Auge so vor diese Scale, daß, während man durch den durchsichtigen Streifen die Quecksilberkuppe des Barometers erblickt, dicht daneben im Spiegel das Bild des Auges erscheint. Alsdann hat das Auge die richtige Stellung, so daß es perpendiculär gegen die Scale bleibt und, weil letztere vertical steht, im gleichen Niveau mit der Quecksilberkuppe ist. Im Allgemeinen wird man alsdann die Quecksilberkuppe zwischen zwei Theilstrichen der Scale erblicken und es kommt nur darauf an, den Bruchtheil zu bestimmen, um welchen die Quecksilberkuppe über dem einen oder unter dem andern Theilstriche steht. Zu diesem Zwecke beobachtet man

*) Pogg. Ann. Bd. XXXIV. S. 41.
**) Pogg. Ann. Bd. XL. S. 27.

außer den Scalentheilen auf der nähern Glasoberfläche das entferntere Bild, was von ihnen hinter dem Spiegel erscheint. Die Theile der wirklichen und der gespiegelten Scale, mit einander verglichen, gewähren dem Auge denselben Anblick, wie die Theile eines Maßstabes, verglichen mit den Theilen seines Verniers. Weil nämlich die Theile der gespiegelten Scale an sich zwar ebenso groß sind, wie die Theile der wirklichen Scale, vom Auge aber entfernter liegen, so erscheinen sie dem Auge kleiner und es ist leicht, das Auge so weit entweder den Scalen zu nähern oder von ihnen zu entfernen, daß z. B. 21 Theile der Scale 22 Theile des Bildes immer decken, wie hoch oder niedrig auch das Auge sich befinden mag, woraus dann hervorgeht, daß das Auge immer in gleicher Entfernung von der Scale geblieben sei, nämlich 21 mal weiter als das Bild von der Scale.

Da bei Zusammenstellungen von Barometerbeobachtungen die nach irgend einem Maße gegebenen Beobachtungen häufig auf ein anderes Maß reducirt werden müssen, so ist es bequem, bei der Reduction von Par. Linien auf Millimeter und umgekehrt sich nachstehender Tabellen*) zu bedienen. Der Gebrauch derselben ist leicht einzusehen. Gesetzt, es wäre eine Beobachtung $0^m,758$ gegeben und man wollte den Werth in Linien haben, so findet man in der größeren Tafel unmittelbar bei der Zahl $0^m,758 = 336,018$ Par. Lin. Wäre gegeben der Barometerstand $= 0^m,762350$, so giebt dieselbe Tabelle für die Zahlen $762 = 337791$ und für die Zahlen $350 = 155153$, also

$$\begin{array}{rl} 0^m,762 = & 337,791 \\ 0^m,000350 = & 0,155153 \\ \hline \text{zusammen} = & 337,946 \text{ Lin.} \end{array}$$

Oder will man sich zugleich der kleinern Tabelle bedienen, so hat man

$$\begin{array}{lrl} \text{aus der größeren Tab.} & 0^m,762 = & 337,791 \\ \text{aus der kleineren Tab.} & 0^m,0003 = & 0,1330 \\ \text{„ „ „ „} & 0^m,00005 = & 0,02216 \\ \hline & & 337,946. \end{array}$$

Man könnte auch mit der kleinen Tabelle allein auskommen, indem man die Werthe von $0^m,7$; $0^m,06$; $0^m,002$; $0^m,0003$; $0^m,00005$ gehörig unter einander setzte und addirte.

Will man umgekehrt Linien auf Meter reduciren, so verfährt man in folgender Art. Es gebe eine Beobachtung 336,54 Lin.; man suche den nächst kleinern Werth in der Columne Linien, er ist 336,461, und es ist nach der Tabelle

$$336,461 = 0^m,759.$$

Dieser Werth ist aber, weil $336,540 - 336,461 = 0,079$, um diese letzte Zahl zu klein. Der nächst größere Werth ist in der Tabelle 336,905, der Unterschied des nächst größern und nächst kleinern also $= 0,444$; so findet man genau den Werth von 336,54 Par. Lin. $= 0^m,759 + \frac{0,079}{0,444}$ Millim. $= 0^m,759178$.

mm	Linien	mm	Linien
0,1	0,0443	0,6	0,2660
0,2	0,0887	0,7	0,3103
0,3	0,1330	0,8	0,3546
0,4	0,1773	0,9	0,3990
0,5	0,2216	1,0	0,4433

*) Aus Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 893.

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
300	132,989	355	157,370	410	181,751
301	133,432	356	157,813	411	182,194
302	133,875	357	158,256	412	182,638
303	134,319	358	158,700	413	183,081
304	134,762	359	159,143	414	183,524
305	135,205	360	159,586	415	183,968
306	135,648	361	160,030	416	184,411
307	136,092	362	160,473	417	184,854
308	136,535	363	160,916	418	185,297
309	136,978	364	161,360	419	185,741
310	137,422	365	161,803	420	186,184
311	137,865	366	162,246	421	186,627
312	138,308	367	162,689	422	187,071
313	138,751	368	163,133	423	187,514
314	139,195	369	163,576	424	187,957
315	139,638	370	164,019	425	188,401
316	140,081	371	164,463	426	188,844
317	140,525	372	164,906	427	189,287
318	140,968	373	165,349	428	189,730
319	141,411	374	165,792	429	190,174
320	141,855	375	166,235	430	190,617
321	142,298	376	166,679	431	191,060
322	142,741	377	167,122	432	191,504
323	143,184	378	167,566	433	191,947
324	143,628	379	168,009	434	192,390
325	144,071	380	168,452	435	192,833
326	144,514	381	168,896	436	193,277
327	144,958	382	169,339	437	193,720
328	145,401	383	169,782	438	194,163
329	145,844	384	170,225	439	194,607
330	146,287	385	170,669	440	195,050
331	146,731	386	171,112	441	195,493
332	147,174	387	171,555	442	195,936
333	147,617	388	171,999	443	196,380
334	148,061	389	172,442	444	196,823
335	148,504	390	172,885	445	197,266
336	148,947	391	173,329	446	197,710
337	149,391	392	173,772	447	198,153
338	149,834	393	174,215	448	198,596
339	150,277	394	174,658	449	199,040
340	150,720	395	175,102	450	199,483
341	151,164	396	175,545	451	199,926
342	151,607	397	175,988	452	200,369
343	152,050	398	176,432	453	200,813
344	152,494	399	176,875	454	201,256
345	152,937	400	177,318	455	201,699
346	153,380	401	177,761	456	202,143
347	153,824	402	178,205	457	202,586
348	154,267	403	178,648	458	203,029
349	154,710	404	179,091	459	203,473
350	155,153	405	179,535	460	203,916
351	155,597	406	179,978	461	204,359
352	156,040	407	180,421	462	204,802
353	156,483	408	180,865	463	205,246
354	156,927	409	181,308	464	205,689

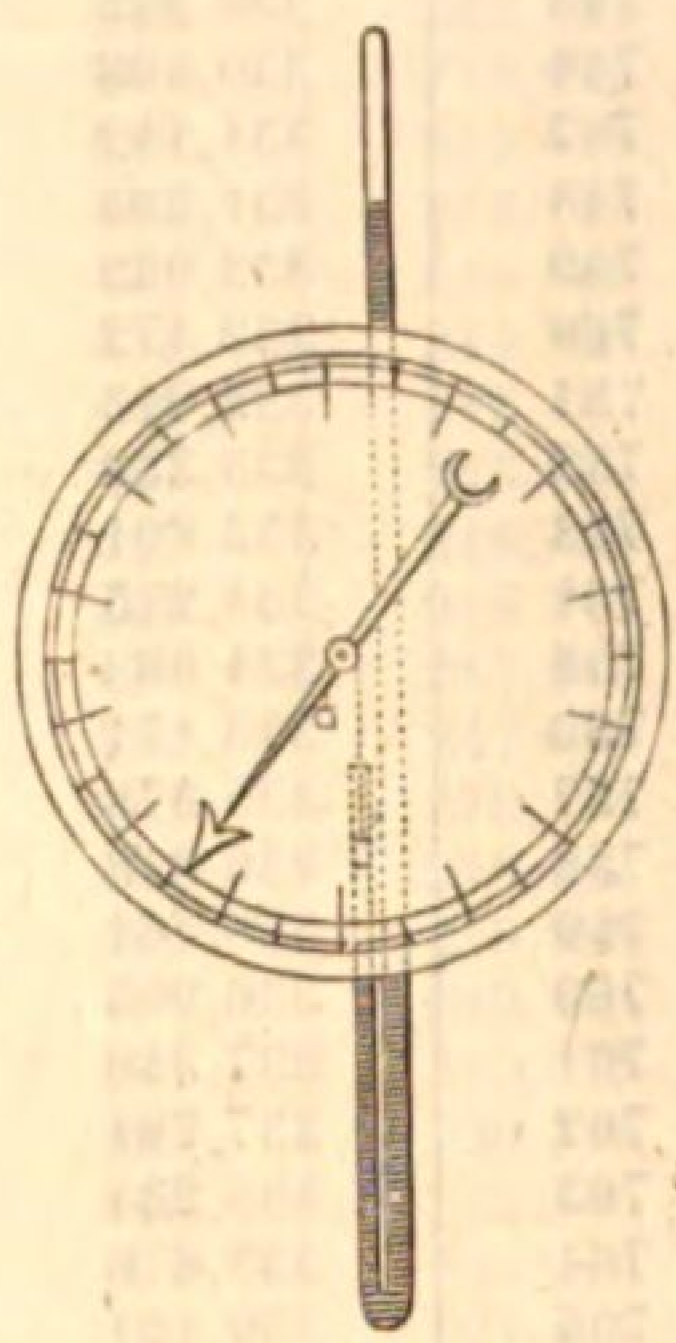
mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
465	206,132	520	230,514	575	254,895
466	206,576	521	230,957	576	255,338
467	207,019	522	231,400	577	255,781
468	207,462	523	231,844	578	256,225
469	207,905	524	232,287	579	256,668
470	208,349	525	232,730	580	257,111
471	208,792	526	233,173	581	257,555
472	209,235	527	233,617	582	257,998
473	209,679	528	234,060	583	258,441
474	210,122	529	234,503	584	258,884
475	210,565	530	234,947	585	259,328
476	211,009	531	235,390	586	259,771
477	211,452	532	235,833	587	260,214
478	211,895	533	236,276	588	260,658
479	212,338	534	236,720	589	261,101
480	212,782	535	237,163	590	261,544
481	213,225	536	237,606	591	261,988
482	213,668	537	238,050	592	262,431
483	214,112	538	238,593	593	262,874
484	214,555	539	238,936	594	263,317
485	214,998	540	239,380	595	263,761
486	215,442	541	239,823	596	264,204
487	215,885	542	240,266	597	264,647
488	216,328	543	240,709	598	265,091
489	216,771	544	241,153	599	265,531
490	217,215	545	241,596	600	265,977
491	217,658	546	242,039	601	266,421
492	218,101	547	242,483	602	266,864
493	218,545	548	242,926	603	267,307
494	218,988	549	243,369	604	267,750
495	219,431	550	243,812	605	268,194
496	219,875	551	244,259	606	268,637
497	220,318	552	244,699	607	269,080
498	220,761	553	245,142	608	269,524
499	221,204	554	245,586	609	269,967
500	221,648	555	246,029	610	270,410
501	222,091	556	246,472	611	270,853
502	222,534	557	246,916	612	271,297
503	222,978	558	247,359	613	271,740
504	223,421	559	247,802	614	272,183
505	223,864	560	248,245	615	272,627
506	224,308	561	248,689	616	273,070
507	224,751	562	249,132	617	273,513
508	225,194	563	249,575	618	273,957
509	225,637	564	250,019	619	274,400
510	226,081	565	250,462	620	274,843
511	226,524	566	250,905	621	275,286
512	226,967	567	251,348	622	275,730
513	227,411	568	251,792	623	276,173
514	227,854	569	252,235	624	276,616
515	228,297	570	252,678	625	277,060
516	228,740	571	253,122	626	277,503
517	229,184	572	253,565	627	277,946
518	229,627	573	254,008	628	278,390
519	230,070	574	254,452	629	278,833

mm	Linien	mm	Linien	mm	Linien
630	279,276	680	301,441	730	323,606
631	279,719	681	301,884	731	324,049
632	280,163	682	302,328	732	324,492
633	280,606	683	302,771	733	324,936
634	281,049	684	303,214	734	325.379
635	281,493	685	303,657	735	325,822
636	281,936	686	304,101	736	326,265
637	282,379	687	304,544	737	326,709
638	282,822	688	304,987	738	327,152
639	283,266	689	305,430	739	327,595
640	283,709	690	305,874	740	328,039
641	284,152	691	306,317	741	328,482
642	284,596	692	306,760	742	328,925
643	285,039	693	307,204	743	329,369
644	285,482	694	307,647	744	329,812
645	285,926	695	308,090	745	330,255
646	286,369	696	308,534	746	330,698
647	286,812	697	308,977	747	331,142
648	287,255	698	309,420	748	331,585
649	287,699	699	309,864	749	332,028
650	288,142	700	310,307	750	332,472
651	288,585	701	310,750	751	332,915
652	289,029	702	311,193	752	333,358
653	289,472	703	311,637	753	333,801
654	289,915	704	312,080	754	334,245
655	290,359	705	312,523	755	334,688
656	290,802	706	312,967	756	335,131
657	291,245	707	313,410	757	335,575
658	291,688	708	313,853	758	336,018
659	292,132	709	314,297	759	336,461
660	292,575	710	314,740	760	336,905
661	293.018	711	315,183	761	337,348
662	293,462	712	315.626	762	337,791
663	293,905	713	316,070	763	338,234
664	294.348	714	316,513	764	338,678
665	294,791	715	316,956	765	339,121
666	295,235	716	317,400	766	339,564
667	295,678	717	317,843	767	340,008
668	296,121	718	318,286	768	340,451
669	296,565	719	318,729	769	340,894
670	297,008	720	319,173	770	341,337
671	297,451	721	319,616	771	341,381
672	297,895	722	320,059	772	342,224
673	298,338	723	320,503	773	342,667
674	298,781	724	320,946	774	343,111
675	299,224	725	321,389	775	343,554
676	299,668	726	321,833	776	343,997
677	300,111	727	322,276	777	344,441
678	300,554	728	322,719	778	344,884
679	300,998	729	323,162	779	345,327

Wir haben im Vorhergehenden die Regeln angegeben, nach welchem man im Allgemeinen Barometer anzufertigen hat. Es werden indeß zu verschiedenen

Zwecken diesem Instrumente noch verschiedene besondere Einrichtungen gegeben, theils um das Barometer empfindlicher zu machen, so daß die Quecksilbersäule verhältnißmäßig größere Abänderungen ihrer Länge bei Veränderung des Luftdruckes erleidet, oder so daß auf irgend eine Art die Veränderungen der Höhe des Quecksilbers vergrößert dargestellt werden; theils um es transportabel zu machen, so daß man weniger in Gefahr ist, durch Stöße und dadurch verursachte Schwankungen des Quecksilbers die Glasröhre zu zertrümmern; theils um die Quecksilbersäule im Gefäße von den Veränderungen der Länge der Säule unabhängig zu machen, so daß man nur die Höhe des Quecksilbers in der Röhre zu berücksichtigen nöthig hat. Die lehrreichsten, sowie die brauchbarsten und üblichsten Vorrichtungen, welche man zu Erlangung solcher Absichten erfunden hat, sind anzuführen.

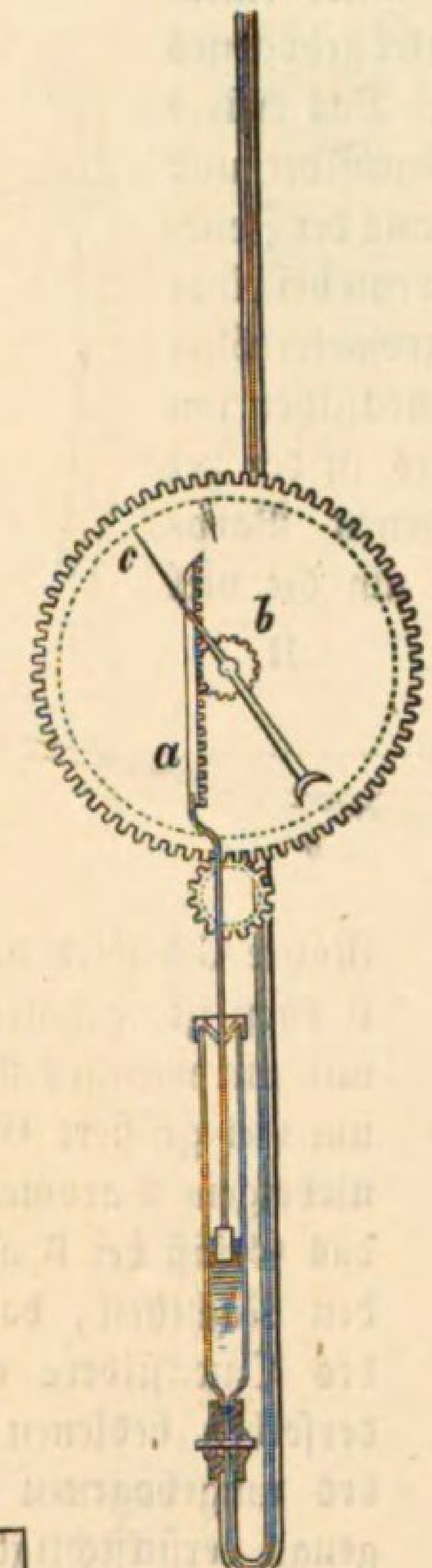
Das von Hooke *) beschriebene Radbarometer (lat. bar. cyclicum; franz. wheel bar.) ist zu genauen Beobachtungen nicht brauchbar, wird jedoch namentlich zu oberflächlichen Wetterbeobachtungen, weil sich die Einrichtung nicht übel ausnimmt, ungeachtet seiner Vergänglichkeit ziemlich häufig angewandt. Am zweckmäßigsten macht man es aus zwei weiteren Cylindern, welche durch eine gewöhnliche Barometerröhre verbunden sind. Auf dem Quecksilber im Cylinder des kürzeren Schenkels schwimmt ein Gewicht mit einem Faden, welcher um die Welle eines Zeigers geschlungen und durch ein Gegengewicht balancirt ist, welches dem erstern das Gleichgewicht hält. Sowie das Quecksilber steigt oder fällt, erhebt sich auch oder sinkt das auf ihm schwimmende Gewicht, und treibt durch den Faden vermittelst der Welle den Zeiger herum, welcher auf einem Zifferblatte Zolle und Linien anzeigt. Man läßt gewöhnlich das ganze Werkzeug in die Wand ein, so daß bloß das Zifferblatt mit dem Zeiger wie das einer Uhr sichtbar ist. Der Zeiger muß sehr genau balancirt sein, damit sein eigenes Gewicht ohne Einfluß auf seine Stellung bleibt. Auch muß die Reibung seiner Zapfen möglichst gering sein. Das Instrument ist zwar sehr empfindlich, da es indeß bloß nach einem andern richtigen Barometer durch vergleichende Beobachtungen regulirt werden kann und sowohl auf das Gewicht als auf den Faden die Feuchtigkeit Einfluß hat, so ist es überall, wo es auf genaue und längere Zeit fortzusetzende Beobachtungen ankommt, nicht zu gebrauchen.



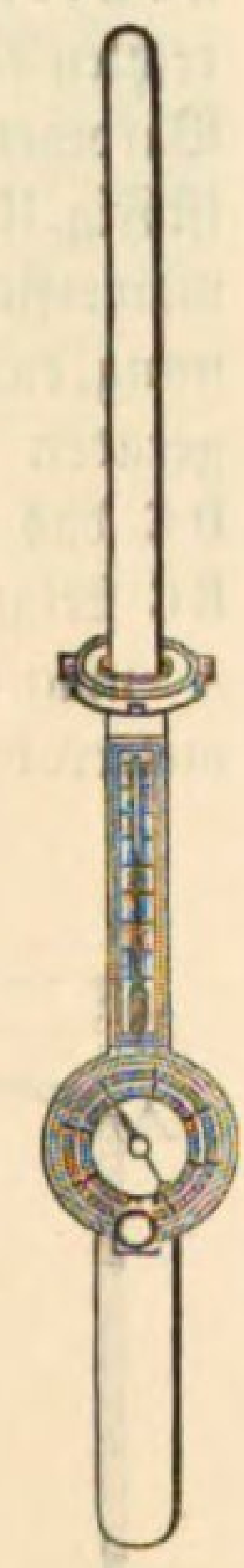
Aehnlich ist das Zifferblatt-Barometer (franz. bar. à cadran) von Jecker **) eingerichtet. Fig. I. S. 673 stellt dasselbe dar. Auf dem Quecksilber in der kürzeren offenen Röhre befindet sich ein eiserner Schwimmer, welcher

*) Micographia Tab. XLVII. Fig. 4. Phil. Trans. T. I. p. 218. — Fitzgerald's Verbesserung des Radbarometers. Phil. Trans. T. LI. p. 146. T. LX. p. 74.
**) S. Pouillet él. de physique. Chap. VI. No. 72.

I.



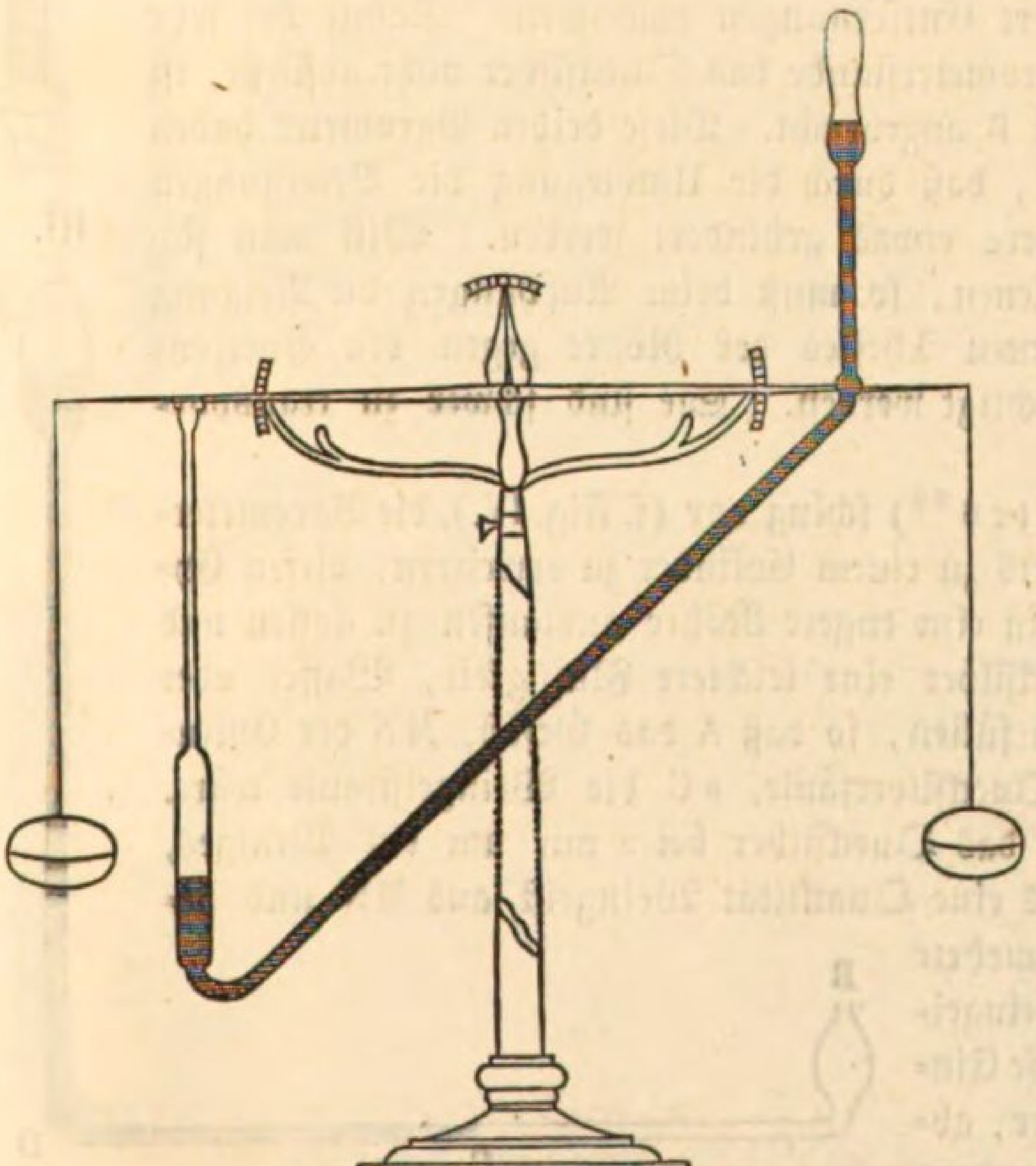
II.



eine feine gezahnte Stange a trägt, die in die Zähne des Zahnrades b eingreift, dessen sehr bewegliche Axe den Zeiger c trägt. Das Zifferblatt wird so eingetheilt, daß man aus der Stellung des Zeigers die wahre Länge der Quecksilbersäule erkennt. Die Glastheile des Instruments werden durch eine hölzerne Hülse (Kapsel) verwahrt. Erhält dasselbe dann die gehörige Aufhängung wie Bohnenberger's Globus mit freier Axe (s. d. Art.), so hat man das Schiffsbarometer (franz. bar. marin), welches trotz der Schwankungen des Schiffes brauchbare Beobachtungen an Bord giebt. Fig. II.

Sehr empfindlich ist Prony's*) Barometer an einem Wagebalken, allein zu sehr zusammengesetzt, um Anwendung zu finden. Bei ungleichem Stande des Quecksilbers in den beiden Armen werden die Arme des Wagebalkens

III.



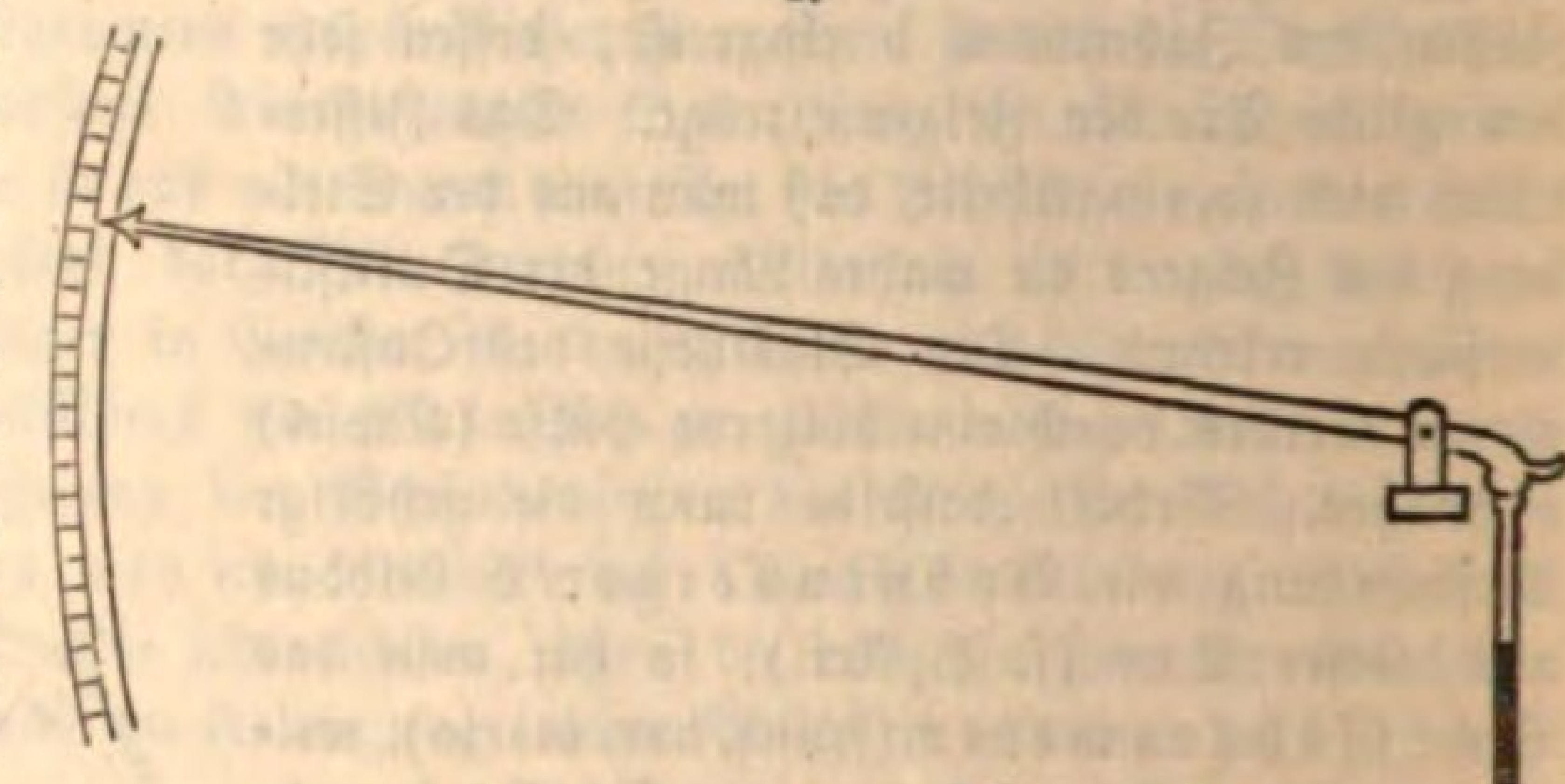
ungleich beschwert, wie die Betrachtung der Figur III. lehrt.

Morland's**) Barometer besteht aus einem zweiarmigen Hebel Fig. I. S. 674, an dessen kürzerem Arme die Barometerröhre hängt. Es ist ein Gefäßbarometer. Das Gefäß muß wie der Unterstützungspunkt des Hebels befestigt sein. Die Scale muß nach einem andern richtigen Barometer regulirt werden.

Zu deutlicherer Darstellung der Veränderungen des Quecksilberstandes sind sehr geeignet Morland's***) unter einem schiefen Winkel gebogenes und Ver-

*) Bulletin des Sciences Ann. VII. p. 176. Gilb. Ann. Bd. II. S. 311.
**) Hutton Dict. T. I. p. 207.
***) Ramazzini opp. Lond. 1718. 4. p. 213. Gilb. Ann. Bd. II. S. 334.

I.

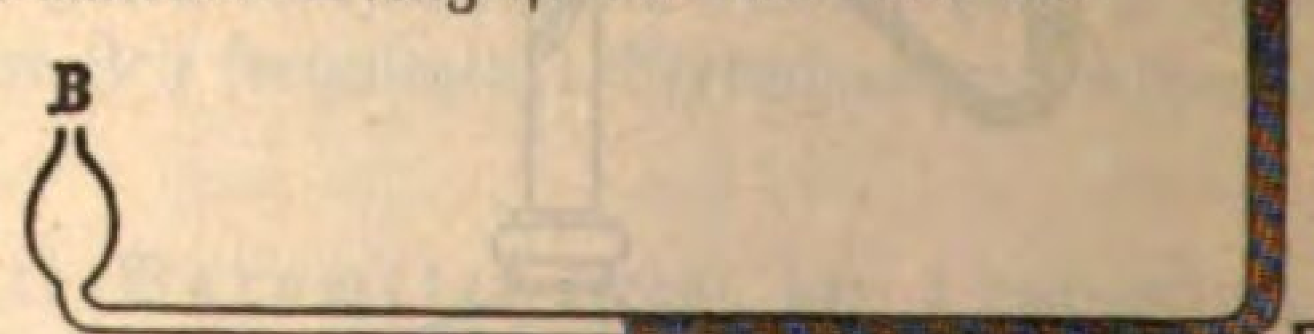



noulli's unter einem rechten Winkel gebogenes Barometer. Das erstere ist Fig. II. abgebildet, und man ersieht aus der Zeichnung, daß, wenn bei einer geraden Barometerröhre DC das Quecksilber um BC steigt, es in der bei A umgebogenen Barometerröhre um die viel größere Entfernung bc steigen müsse. Aehnlich verhält es sich mit Johann Bernoulli's*) rechtwinklig gebogenem Barometer, welches Fig. III. darstellt. Das Quecksilber in der Röhre CA wird durch den Luftdruck, indem die Röhre bei B offen ist, gehalten, und während sie in dem Gefäße bei A nur um weniges steigt oder fällt, wird sie in der Röhre DC um viel größere Entfernungen abweichen. Damit bei sehr niedrigem Barometerstande das Quecksilber nicht abfließe, ist das Gefäß bei B angebracht. Diese beiden Barometer haben den Nachtheil, daß durch die Umbiegung die Bewegungen des Quecksilbers etwas gehindert werden. Will man sich derselben bedienen, so muß beim Aufhängen die Neigung des umgebogenen Theiles der Röhre gegen den Horizont genau berücksichtigt werden. Sie sind schwer zu transportiren.

II.

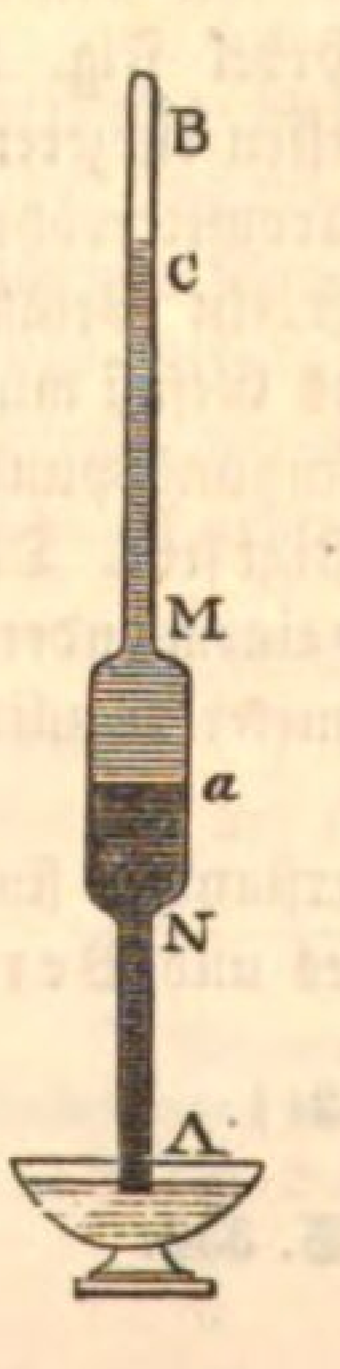



III.

Descartes**) schlug vor (s. Fig. IV.), die Barometerröhre oberwärts zu einem Cylinder zu erweitern, diesen Cylinder wieder in eine engere Röhre auslaufen zu lassen und auf das Quecksilber eine leichtere Flüssigkeit, Wasser oder Weingeist, zu füllen, so daß A das Gefäß, MN der Cylinder, Aa die Quecksilbersäule, aC die Weingeistsäule wäre. Hebt sich dann das Quecksilber bei a nur um ein Weniges, so verdrängt es eine Quantität Weingeist aus MN und bewirkt eine vermehrte Hebung des Weingeistes bei C. Diese Einrichtung ist aber, abgesehen von andern Mängeln, schon deswegen unbrauchbar, weil offenbar, wenn die Röhre bei C nicht viel enger wäre als die Röhre bei a, die Erhebung bei C nur ungefähr ebenso viel betragen würde als die des Quecksil-

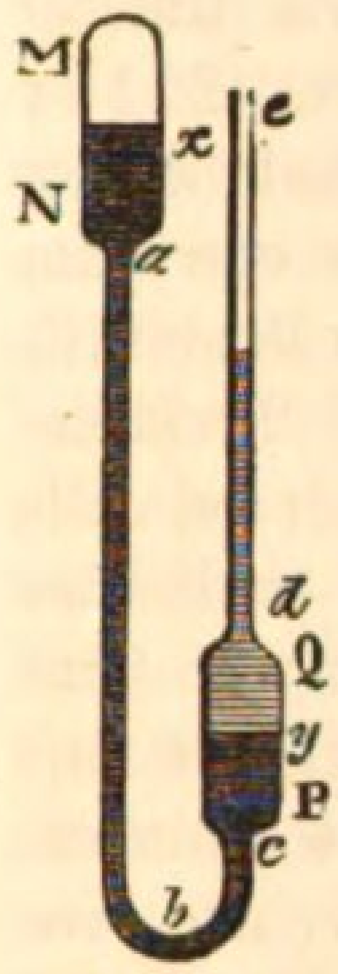
IV.



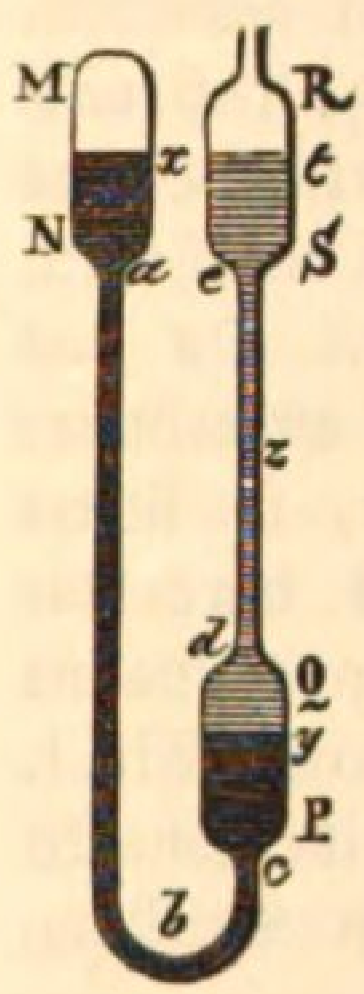
*) Hermann Phoronomie. Amst. 1716. 4.

**) Pascal traité de l'équilibre. Par. 1663. p. 207.

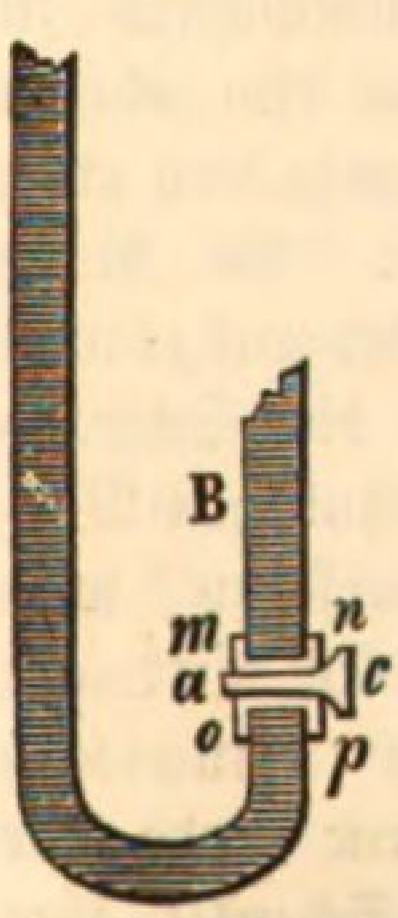
I.



II.



III.



ders bei a. Huyghens *) gründete aber auf dieses mangelhafte sein neuerdings wieder von Muncke sehr empfohlenes Doppelbarometer. Dasselbe besteht aus einer heberförmig gebogenen Glasröhre MbR, Fig. I., welche bei QP und MN mit cylindrischen Erweiterungen versehen ist. Von y bis x ist sie mit Quecksilber gefüllt, von y aufwärts mit gefärbtem Weingeist oder mit gefärbtem Wasser, mit $1/8$ Scheidewasser gemischt. Das letztere verdunstet weniger schnell. Wenn das Quecksilber bei x sinkt, so steigt es bei y und verdrängt eine Quantität Weingeist aus PQ, welche in de ein um so größeres Steigen bewirkt, je kleiner der innere Durchmesser der Röhre de im Vergleich mit dem Durchmesser des Cylinders PQ ist. G. G. Schmidt **) hat das Instrument sorgfältig beobachtet und berechnet. Dasselbe soll so empfindlich sein, daß jeder heftige Windstoß durch Schwankungen der Weingeistsäule markirt wird. Es scheint sich daher besonders zu meteorologischen Beobachtungen zu eignen. Die Scale wird am besten nach einem guten Quecksilberbarometer zu reguliren sein. Um die Verdunstung des Weingeistes zu vermindern, kann man die Röhre bei e in eine Spitze mit feiner Oeffnung ausgehen lassen. Wenig empfehlenswerth ist die Abänderung, welche Hooke ***) diesem Instrumente gab. Er brachte noch einen dritten Cylinder an Fig. II. Das Barometer enthält Quecksilber von x bis y, eine Salzauflösung von y bis z und Oel von z bis t. Wenn nun das Quecksilber in der Röhre MN ein Millimeter fällt, so wird es in PQ ein Millimeter steigen, ebenso auch das Oel in RS; aber der Punkt z (kenntlich durch die verschiedene Färbung der sich in ihm berührenden Flüssigkeiten) steigt um 1 Millimeter multiplicirt mit der Zahl, welche angiebt, wieviel mal der Durchschnitt des Cylinders PQ größer ist als der der Röhre de.

Bei Reisebarometern (franz. baromètre portatif; engl. portable barometer) ist die Hauptsache die möglichste Befestigung des Quecksilbers, damit nicht durch Schwankungen desselben die Glasröhre zerbrochen werde. Wollte man die Quecksilbersäule in der Glasröhre unmittelbar festschrauben, so würde man zwar das Zerschellen der Glasröhre durch Schwankungen unmöglich machen, dafür würde aber, wenn sich das Quecksilber durch eine Temperaturerhöhung ausdehnte, die Glasröhre zerspringen. Mehrere Physiker und Mechaniker haben, um diesem Uebelstande abzuhelfen, verschiedene Vorkehrungen ersonnen. Gewöhnlich bedient man sich zu Höhenmessungen des von Deluc empfohlenen Heberbarometers. Nach Deluc ****) wird der kürzere Schenkel B nahe über der Krümmung abgeschnitten und durch eine Hülse mnop mit einem Guerike'schen Hahne ac getrennt, so daß dieser, nach-

*) Hugenii opp. var. ed. s'Gravesande. L. B. 1724. 4. T. I. p. 278.

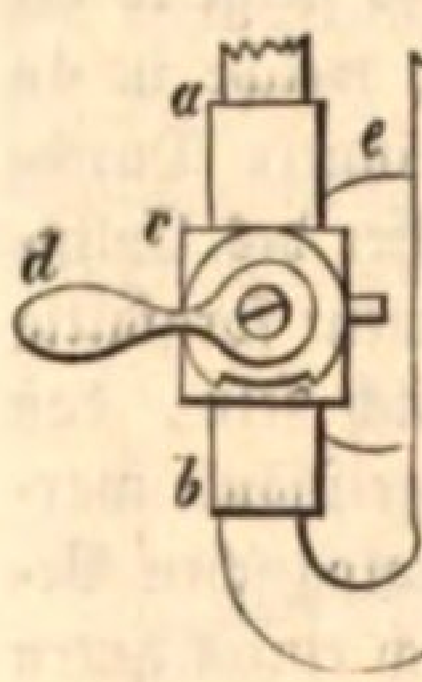
**) Gilb. Ann. Bd. XIV. S. 213.

***) Phil. Trans. N. 185. Philos. and exper. observations of Dr. Hooke. p. 170.

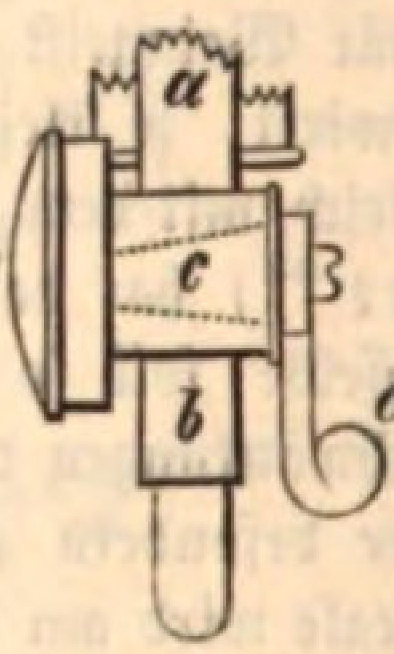
****) Recherches sur les Mod. de l'Atm. T. II. §. 464.

dem man das Barometer geneigt hat, um das sämmtliche Quecksilber bis auf eine unbedeutende Kleinigkeit in den längeren Schenkel zu bringen, nach dem Umdrehen alle Gemeinschaft desselben mit dem kürzeren Schenkel abschneidet. Deluc machte die Hülse aus einem Kork, den Hahn aus hartem Holze, Elfenbein oder Narwalszahn, Andere verfertigten beides aus Holz oder Elfenbein oder zum noch sicherern Verschließen aus Eisen. Derartige Instrumente haben den Nachtheil, daß sie bei nicht vollkommner Verschließung Quecksilber durchlassen oder bei vollkommner Verschließung, sobald die Wärme das Quecksilber ausdehnt, springen. Eine Vorkehrung, welche diesen Uebelstand aufhebt, hat der Mechanikus Loos erfunden. Mit dem eisernen Hahn, welcher wie oben beschrieben zum Verschließen der Röhre dient, setzt er eine messingene inwendig überfirnißte Kapsel mit einem gewölbten Deckel von Federharz so in Verbindung, daß nach dem Verschließen des (doppelt durchbohrten) Hahns das Quecksilber in dem längeren Schenkel durch einen Kanal den Zugang in dieselbe erhält. Da das Federharz ebenfalls durch die Wärme ausdehnbar wird und bekanntlich sehr elastisch ist, so sichert sie das Instrument bei Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme vor dem Zerspringen. Die nähere Einrichtung des Hahns zeigen die Fig. I. — IV. e ist der Deckel von Federharz. Fig. I. und II. zeigen die Stellung des Hahns, bei welcher beide Schenkel mit einander communiciren, Fig. III. und IV. diejenige Stellung, bei welcher die Communication aufgehoben ist.

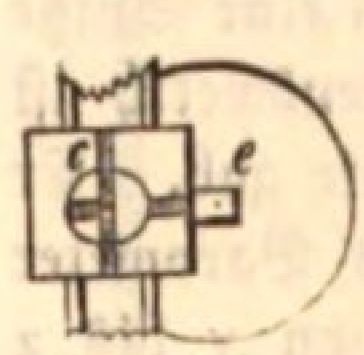
I.



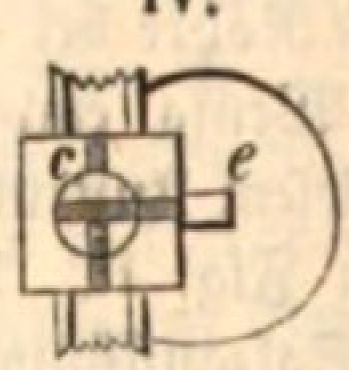
III.



II.



IV.



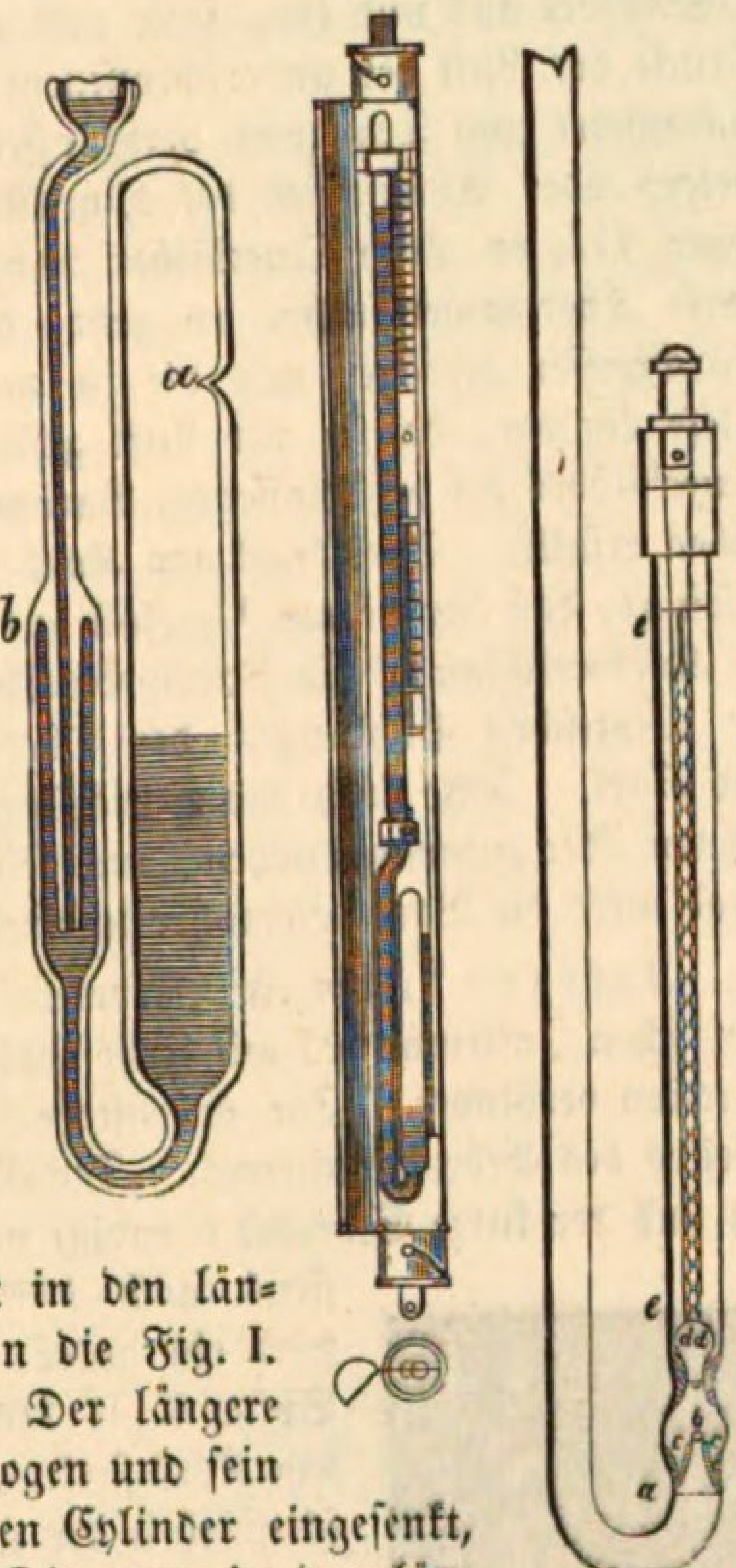
V.



Eine andere Vorrichtung, um die, namentlich auf der See fortwährenden, starken Schwankungen geringer und unschädlich zu machen, ist die von Nairne *) erfundene. Er fügte dem oberen weiten Theile der Röhre unterhalb der Mitte eine enge von etwa 0,1 Z. Weite an und senkte diese in das Quecksilber. Bei dieser Einrichtung des Barometers kann nur wenig Quecksilber auf einmal aus der engen Röhre in die weite kommen, wodurch die Schwankungen schwächer werden. (S. d. Folg.) Mit einer ähnlichen Vorrichtung ist das Heberbarometer Gay-Lussac's versehen, welches von Muncke **), wie folgt, beschrieben ist. Es wird wie ein gewöhnliches Heberbarometer verfertigt, indem man, um gleiches Caliber zu erhalten, das oben abgeschnittene Ende der Röhre für den kürzeren Schenkel anschmelzt, beide Schenkel aber durch ein weites Haarröhrchen verbindet. Bei der Verfertigung bleibt der kürzere Schenkel offen und die ganze Röhre gerade, außer derjenigen Biegung, durch welche die Axen beider Schenkel in eine gerade Linie kommen, damit beim Aufhängen die Falllinie mit dieser zusammenfällt und hier-

*) Voy. to the North Pole. p. 123.
**) Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 777.

I. II. III.



nach das Barometer lothrecht hängt. Um das Auskochen zu erleichtern, wird ein feiner Eisendraht durch die Oeffnung des unteren Schenkels bis ans Ende des Haarröhrchens geschoben und erst nach dem Auskochen das Haarröhrchen in die gehörige Form gebogen, das obere Ende des kurzen Schenkels zugeschmolzen, dann das sehr feine Löchelchen a, welches in der Figur angedeutet ist, in den kürzeren Schenkel gemacht, damit die Luft hierdurch Zutritt erhalte, ohne daß Quecksilber herausfließen kann. Soll das Barometer auch in der horizontalen Lage bis zum Anfange des kurzen Schenkels mit Quecksilber gefüllt sein, so wird etwas ausgekochtes Quecksilber durch das feine Löchelchen vermittelst der Erhitzung und Ausdehnung der Luft im kurzen Schenkel nachgefüllt.

Die Oeffnung bei a ist so klein, daß man das Instrument umdrehen kann, ohne daß Quecksilber ausläuft. Damit, wenn man das Barometer aus der umgekehrten Lage wieder zur Beobachtung umkehrt, keine Luft in den längeren Schenkel eintreten kann, hat Bunten die Fig. I. abgebildete sinnreiche Anordnung getroffen. Der längere Schenkel ist, wie man sieht kegelförmig, ausgezogen und sein zugespitztes Ende ist 2 bis 3 Zoll tief in einen Cylinder eingesenkt, welcher äußerlich an ihn angeschmolzen ist. Die etwa in den längeren Schenkel eintretende Luft sammelt sich unter der Höhlung bei b. Da der offene und der geschlossene Schenkel des Gay-Lussac'schen Barometers gleichen Durchmesser haben, so ist keine Correction wegen der Capillarität (s. d. Folg.) nöthig. Die Barometerröhre ist mit einer von den Scalen versehen, wie sie S. 666 für Heberbarometer angegeben wurden, und in eine Hülse von Holz befestigt, welche geschlossen einen Stab bildet und sehr bequem zum Transport ist. S. Figur II.

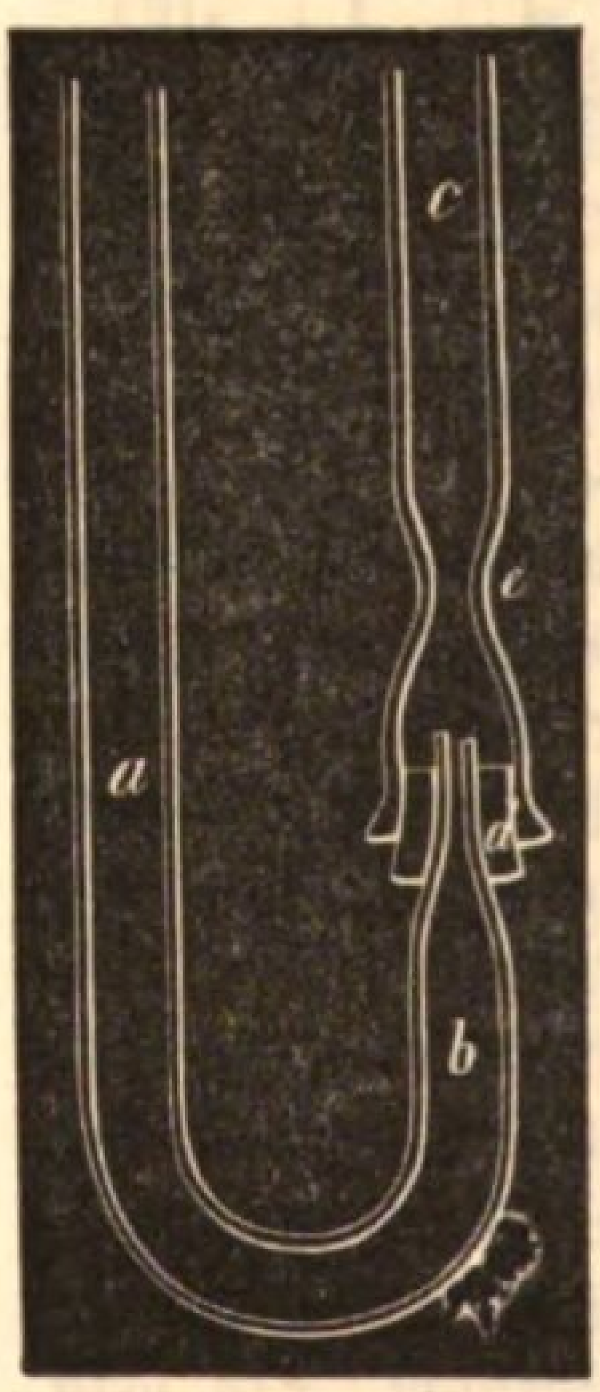
Eine weitere Verbesserung des Bunten'schen Barometers ist das von Greiner *) hergestellte Instrument, dessen kürzeren Schenkel Fig. III. darstellt. Die inneren Wände der langen und kurzen Röhre laufen nicht ununterbrochen fort, sondern der kürzere Schenkel ist mit dem längeren durch den künstlichen Glasverband aa verbunden. Dieser Glasverband wird dadurch hervorgebracht, daß man den in den abgekürzten Hohlkegel bb ausgezogenen längeren Schenkel von 32 Zoll mit dem in eine elliptische Hohlkugel cc ausgezogenen kürzeren Schenkel an der Basis dieses Hohlkegels bb zusammenschmelzt. Durch diesen abgekürzten Hohl-

---

*) J. G. Greiner, über einen neuen Verschluß von Heberbarometern, in den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes in Preußen. 1835. S. 167. S. Dove's Repert. Bd. I. S. 36.

kegel bb, dessen obere Oeffnung etwa eine Pariser Linie beträgt, strömt das Quecksilber aus und ein, füllt und entladet den längeren Schenkel, je nach dem Drucke der Luft bei unverschlossenem Barometer, und füllt ihn ganz, wenn das Barometer zum Transport verschlossen werden soll. Zum Verschließen des Barometers oder Abschließen des Quecksilbers in der elliptischen Hohlkugel cc, welche gegen $1^1/_2$ pr. Loth Quecksilber enthält, dient ein Kork dd, durch welchen eine starke Thermometerröhre ee geht, deren Oeffnung eine halbe Pariser Linie im Durchmesser beträgt, und die in mehrere elliptische Hohlkugeln ausgeblasen ist. Diese können, da sie mit Luft gefüllt sind, dazu dienen, die Ausdehnung des Quecksilbers bei verschlossenem Barometer zu gestatten, indem das Quecksilber dieselben erfüllt. Der Kegel von Kork dd ist am Ende der Barometerröhre ee so befestigt, daß letztere um $^1/_8$ Zoll aus dem Korkkegel hervorragt. Wird nun dieser Korkverschluß in die Barometerröhre eingeschoben, so tritt das Quecksilber in die elliptischen Höhlungen der Thermometerröhre und nicht zwischen Glasröhre und Kork. Jetzt kann das Quecksilber sich nach jeder Temperatur der Luft ausdehnen oder zusammenziehen, und selbst bei Temperaturdifferenzen von 30 bis 40 Grad wird die Barometerröhre luftfrei bleiben.

Lefranc *) hat ein Barometer beschrieben, welches den Vorzug des Bunten'schen Instrumentes mit einer leichter herzustellenden und dauerhafteren Construction verbindet. Die nebenstehende Figur zeigt einen Durchschnitt des unteren Theiles des Heberbarometers. Die Röhre a ist wie gewöhnlich heberförmig gebogen und der kurze Schenkel b endigt nahe über dem Buge in einer conischen, höchstens noch 1^{mm} Oeffnung darbietenden Spitze. Darüber wird ein guter, etwas conischer Kork so gesteckt, daß die Spitze 8 bis 10^{mm} über denselben herausragt. Auf diesem Kork steckt eine Glasröhre c, von der Weite und Beschaffenheit des langen Schenkels, welche unten etwas conisch erweitert, mit einem verdickten Rande versehen und etwas darüber zu einer Verengerung e ausgezogen ist. Nachdem man die Hauptröhre gefüllt und gut ausgekocht hat, so daß sie fast bis zur feinen Oeffnung des kurzen Schenkels voll Quecksilber ist, — was keine Schwierigkeit in der Ausführung darbietet, — steckt man den Kork auf und auf diesen die Röhre c, umwickelt den Kork und die darunter und darüber befindlichen Röhrentheile mit einem Streifen mit Leimwasser bestrichener Blase, umbindet diese mit einem Faden und richtet das Instrument auf, worauf sich das Quecksilber in die Röhre c ergießt. Es wird so viel nachgegossen, daß bei Neigung des Instruments das Quecksilber bis e steht.

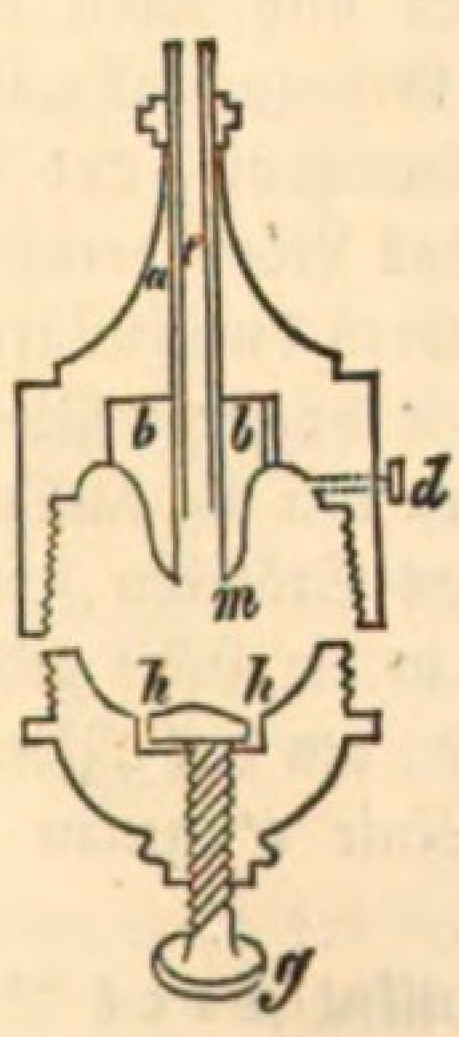


Man thut wohl, den Kork d bei Herstellung der Verbindung der beiden Röhren auf eine feste Unterlage aufzusetzen, damit man nicht Gefahr laufe, durch das Eindrücken des Stöpsels in e beim Verschluß die Röhre im untern Knie abzubrechen. Außer dem Hauptvorzuge, der Luft keinen Zutritt zur Torricelli'schen Leere zu gestatten, hat dieses Barometer auch noch den, bei schnellem

*) Annales des ponts et chaussées. 1846. V. semestre. p. 316. — Pogg. Ann. Bd. LXXIV. S. 462.

Neigen nicht dem Zerschlagenwerden ausgesetzt zu sein, weil das Quecksilber durch die Oeffnung nur langsam nachtritt und deshalb niemals ein sehr heftiges Anschlagen stattfindet.

Eine sehr einfache Vorrichtung, sowohl Heberbarometer, als auch Flaschenbarometer zu verschließen, hat Rosenthal *) nach Schiavetto's Angabe in Vorschlag gebracht. Beim Flaschenbarometer nämlich verengert sich das Rohr da, wo es an die Kapsel geschmolzen ist, von selbst, beim Heberbarometer aber wird der kürzere Schenkel da, wo sich die Biegung endigt, etwas verengert. Alsdann befestigt man an einen dünnen Stab Fischbein von der Länge des kürzeren Schenkels nach Schiavetto einen Kork, neigt das Barometer so, daß das Quecksilber den längeren Schenkel ganz füllt, und drückt den Kork vermittelst des Fischbeinstäbchens fest in die Verengerung der Röhre. Noch zweckmäßiger wird diese Vorrichtung nach Horner, wenn man statt des selten ganz rein, hinlänglich elastisch und stark zu erhaltenden Korkes etwas Federharz um das untere Ende des Fischbeinstabes legt und zur Verhütung eines zu starken Anklebens mit Seide umwickelt, an dem oberen Ende des Fischbeins aber einen für die Weite der Röhre geeigneten Wischer von Baumwolle anbringt, das obere Ende des kürzeren Schenkels mit einer Fassung und einem aufzuschraubenden Deckel versieht und die herabgedrückte Fischbeinstange auf diese Weise festschraubt. Dieser Apparat, welcher sehr zweckmäßig mit dem von Gay-Lussac angegebenen Barometer verbunden werden kann, gewährt den Vortheil des sicheren Verschließens ohne Gefahr für die Barometerröhre, indem das ausgedehnte Quecksilber den verschließenden Kegel um die erforderliche Kleinigkeit zusammendrücken oder zurückschieben würde, während die elastische durch den oberen Deckel gespannte Fischbeinstange denselben stets wieder gegen die Verengerung drückt. Außerdem kann man den kürzeren Schenkel wiederholt von Feuchtigkeit und Schmutz reinigen, welche auch durch das feinste Löchelchen dringen. Das Nachfüllen des Quecksilbers in den kürzeren Schenkel und die ganze Verfertigung des Barometers ist ungleich leichter als nach Gay-Lussac und es werden alle Schwankungen der Quecksilbersäule vermieden, welche auf rauhen und holprigen Bergwegen, der engen Verbindungsröhre beider Schenkel ungeachtet, leicht gefährlich werden können. Gegen diese Construction des Heberbarometers ist nichts zu erinnern, als daß das enge Röhrchen die freie Bewegung des Quecksilbers bedeutend hindert.

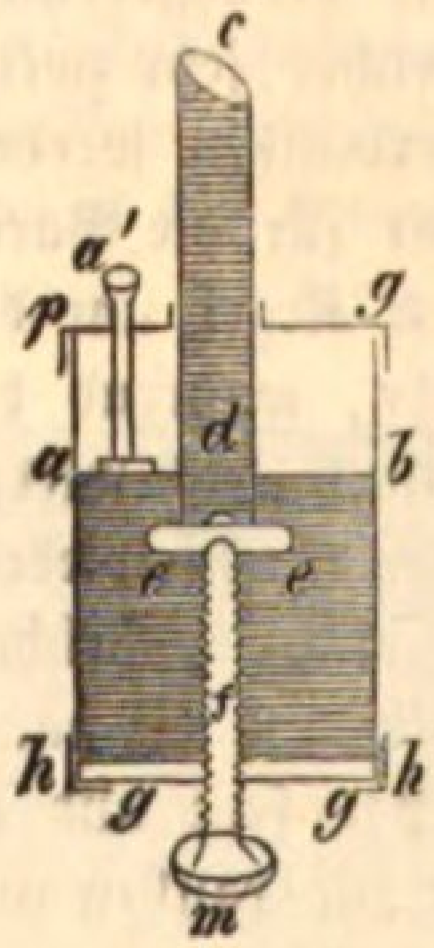


Sehr zweckmäßig ist die Einrichtung desjenigen Reisebarometers, welches Gödeking **) angegeben hat, und das sich auch sehr sicher transportiren läßt. Das Gefäß besteht aus trocknem hartem Holze, in welches die Glasröhre c eingekittet ist. An ihrem unteren Ende wird sie durch das in das Holz eingelassene, bei m schräg, aber nicht sehr scharf zulaufende Stück Elfenbein bb gesteckt, so daß sie etwa 1 bis 2 Lin. höher steht, als das Ende desselben, und gleichfalls fest gekittet, nachdem sie ausgekocht ist. Man kehrt sie dann um, gießt einige Tropfen Queck-

*) Beiträge zur Verfertigung meteorol. Werkzeuge S. 30. Gehler N. A. Bd. I. S. 778.

**) Scherer's Journ. Bd. II. S. 94. — Gilb. Ann. Bd. VI. S. 324. — Gehler a. a. O.

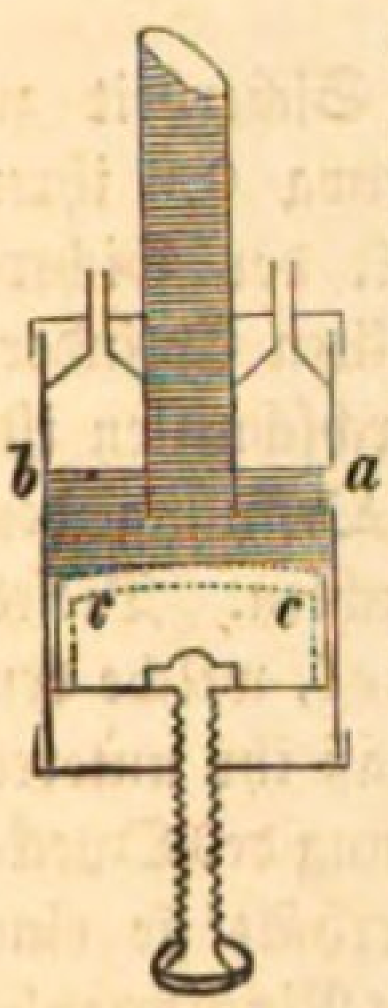
silber so auf, daß das elfenbeinerne Stück gleichfalls voll ist, schraubt den unteren Theil des Gefäßes fest, und indem man die Schraube g mit der eisernen, stark überpolsterten Platte hh fest gegen die scharfen Kanten des Elfenbeins schraubt, ist das Quecksilber in der Röhre festgesperrt. Soll aber die Quecksilbersäule oscilliren, so darf man nur das Barometer umkehren, nach dem Herausziehen des Stöpsels bei d das Gefäß mit Quecksilber füllen, die Schraube g öffnen und die Beobachtung anstellen. Der Stöpsel d wird geöffnet, damit das überflüssige Quecksilber bis zur Herstellung des Niveau's ablaufe. Hierin liegt indeß ein auffallender Mangel der übrigens vortrefflichen Einrichtung, denn man darf offenbar das Barometer nicht oscilliren lassen, weil sonst zu viel Quecksilber ausläuft, und überhaupt ist diese Art der Herstellung des Niveau's mühsam und wegen des auslaufenden Quecksilbers beschwerlich. Besser ist es daher, zur Beobachtung des Niveau's im Gefäße dieses nach Maigné *) von Glas zu machen. Indeß ist auch das von diesem angegebene Gefäß zu künstlich. Einfacher dagegen ist die Einrichtung, wenn das Quecksilber in der unten mattgeschliffenen Barometerröhre, nachdem man das Barometer umgekehrt hat, vermittelst des an einer Schraube beweglichen Polsters festgedrückt wird. Die Barometerröhre cd wird nämlich in die Oeffnung der oberen Fassung pg des gläsernen Cylinders ab so eingekittet oder geleimt, daß sie genau bis in die Mitte desselben reicht, um bei jeder Lage des Barometers unter dem Niveau des Quecksilbers im Gefäße zu bleiben, welches dasselbe bis etwas über die Hälfte ausfüllt. Um dann zu jeder Zeit ohne Mühe das Gefäß öffnen zu können, wird ein hölzerner, mit einem ledernen Kranze belegter Deckel gg auf das untere mattgeschliffene Ende des Cylinders gepaßt und vermittelst der in der Mitte durchbohrten Kapsel hh festgeschroben. In der hölzernen Scheibe ist die eiserne Schraube f mit dem Knopfe m beweglich, welche oben eine eiserne, lose aufgenietete Platte ee und ein darüber befestigtes ledernes Polster trägt. Hat man das Barometer umgekehrt und einige Male auf den Knopf m lose geklopft, damit etwaige Luftblasen entweichen, so wird das Polster fest gegen die Röhre geschroben und somit das Quecksilber in derselben gesperrt, wobei das Leder durch öfteren Gebrauch allmälig so von Quecksilber durchdrungen wird, daß auch beim längsten Transporte und bei heftiger Erschütterung keine Luft in die Röhre dringt, indem das Leder vermöge seiner Elasticität so viel nachgiebt, als die Ausdehnung des Quecksilbers durch Wärme beträgt oder das Metall durch seine Poren entweichen läßt. Die hölzerne Platte gg darf übrigens nicht zu dünn sein, damit kein Quecksilber neben den Schraubengängen entweicht. Ein kleines elfenbeinernes, etwas kegelförmiges Stäbchen, welches durch die elfenbeinerne Platte s vom Quecksilber im Gefäße in die Höhe gehoben wird, dient dazu, Luft in das Gefäß zu lassen, zugleich auch, um das Niveau des Quecksilbers im Gefäß durch eine kleine oben angebrachte Linie a′ genau zu bezeichnen **).



Ein sehr einfaches Gefäß ist dasjenige, welches der Mechanikus Loos ***) früher seinen Barometern zu geben pflegte (Fig 1. S. 681). In einem gläsernen

*) Ann. de Chim. T. XLVII. p. 213. Gilb. Ann. Bd. XV. S. 463.
**) S. Gehler N. A. Bd. I. S. 781.
***) Gilb. Ann. Bd. XXXVI. S. 353.

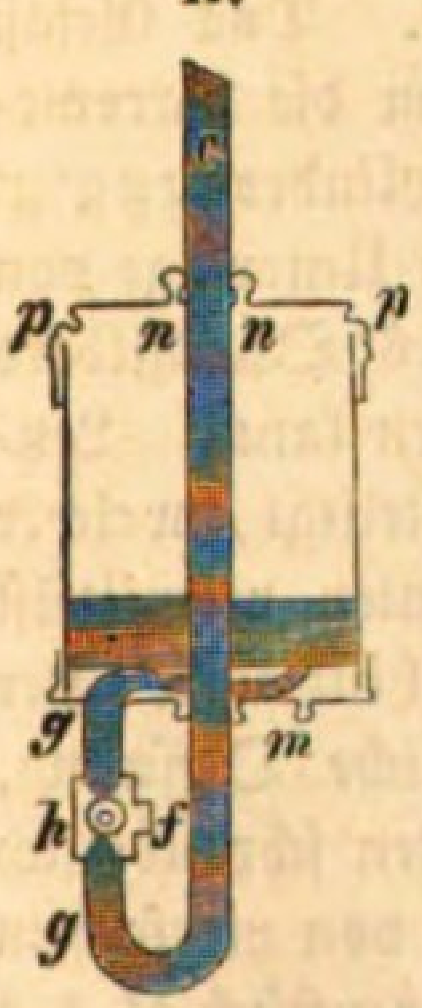
I.



Cylinder ab wird das Quecksilber vermittelst eines mit Leder überzogenen und oben gepolsterten Korkes cc beim Verschließen so hoch geschroben, daß das Gefäß ganz voll ist, beim Beobachten aber bis zu der bestimmten Höhe des Niveau's herabgelassen. Die Oeffnung der Röhre ist stets unter Quecksilber und es kann also keine Luft eindringen. Der Mechanismus ist der von Hamilton vorgeschlagene, mit dem Unterschiede, daß der Kork hier mit Leder überzogen und oben gepolstert, auch nicht für die Luft durchdringlich sein soll, wie jener unrichtig voraussetzte; auch erlaubt das gläserne Gefäß statt des elfenbeinernen, den Stand des Quecksilbers in demselben zu beobachten.

Große Bequemlichkeit gewährt das von Englefield *) vorgeschlagene Barometer. Dasselbe ist in einen in drei Füße zerlegbaren Stock eingeschlossen und wird, wenn dieser als Stativ aufgestellt ist, so aufgehängt, daß es durch sein eigenes Gewicht die lothrechte Richtung annimmt. Das Gefäß besteht aus Buchsbaumholz, ist ganz verschlossen und so voll Quecksilber, daß die Oeffnung der Röhre stets von demselben bedeckt bleibt und daher keine Luft in dieselbe dringen kann. Indeß erfüllt es den Zweck eines Reisebarometers nicht, indem das Quecksilber nicht fest gesperrt ist und daher beim schnellen Umdrehen gegen das verschlossene Ende der Röhre schlagen und diese zerschellen kann, wogegen die Form eines Stockes und die hierdurch erzielte Bedingung, das Barometer stets umgekehrt zu tragen, keineswegs sichert. Außerdem aber schwebt die Barometerröhre zu sehr frei zwischen den beiden messingenen Stangen und wird daher durch Erschütterung leicht zersplittert werden. — Auch die Gefäßbarometer hat man mittelst Guericke'scher Hähne zu verschließen versucht. Zu erwähnen ist die in dieser Hinsicht von Loos **) (Mechanicus in Darmstadt) getroffene Vorkehrung. Bei den Gefäßbarometern desselben Fig. II. geht die Röhre cc mitten durch das Gefäß, ist unter demselben sehr nahe zusammengebogen, und in die eiserne Fassung gg gekittet, deren Kanal und somit das Quecksilber in der Röhre durch den Hahn h abgeschnitten wird. Auch dieser Hahn gewährt aus der verschlossenen Barometerröhre eine Communication durch eine enge Röhre f in den hinter der Biegung angebrachten Behälter, aus einer messingenen, mit Federharz überzogenen Kapsel bestehend, wie bei Loos' Heberbarometer. (S. S. 676.) Aus der Fassung geht die Röhre aufwärts wieder in das Gefäß, wird hier dünner, läuft unter dem Kitt des Gefäßes hin und mündet an der gegenüberliegenden Seite des Gefäßes im Quecksilber desselben. Die kleine messingene Schraube m dient dazu, das Quecksilber, wenn es etwa beschmutzt ist, aus dem Gefäße zu nehmen und zu reinigen, oder auch nach Befinden etwas zuzugießen oder aus dem Gefäße wegzunehmen, der äußeren Luft aber wird der erforderliche Zutritt neben dem Korke n gegeben, vermittelst dessen die Barometerröhre in die obere Fassung des Gefäßes bloß eingeklemmt ist. Auf

II.

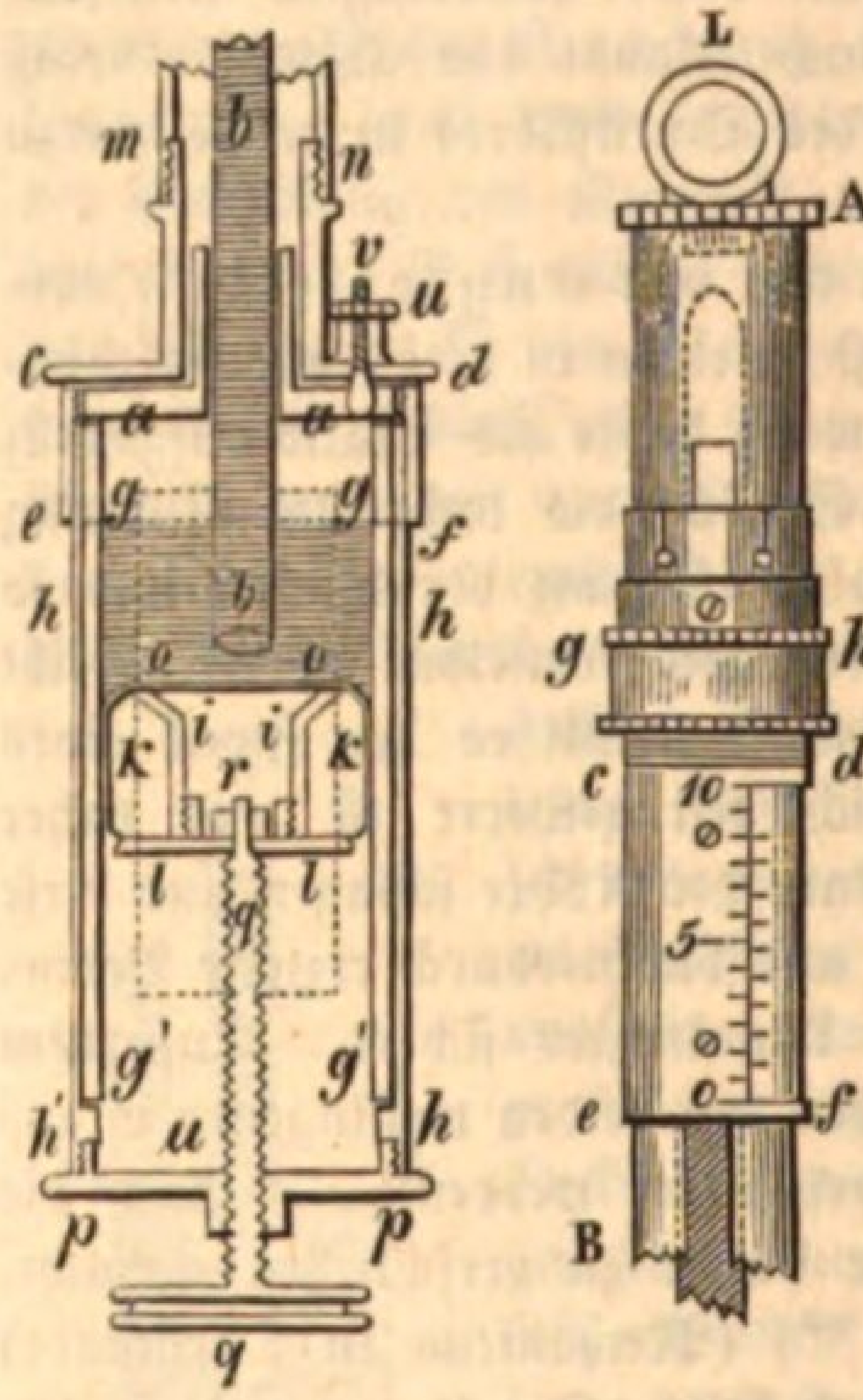


*) Nicholson's J. No. 55. Phil. Mag. No. 117. Gilb. Ann. Bd. XXXVIII. S. 249.

**) Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 784.

die Schraube pp wird eine messingene Kapsel geschroben, um den unteren Theil des Rohres und den Hahn gegen Verletzung zu schützen.

Horner *) beschreibt ein genaues, bequemes und mit Sicherheit zu gebrauchendes Barometer, dessen Haupttheile in der Zeichnung in etwa 0,6 ihrer natürlichen Größe dargestellt sind. Die Röhre des Barometers steckt der Sicherheit wegen in einem hohlen, messingenen, mit dickem Leder ausgefüllten Cylinder, dessen oberes Ende AB von 14 bis 29 Z. Höhe vorn und hinten durchschnitten ist, um durch diese 1,5 Lin. weite Oeffnung den Stand des Quecksilbers zu beobachten. Dieses geschieht, indem man die Hülse cdef, welche den Vernier trägt, dergestalt schiebt, daß ihr unterer Rand ef eine Tangente der Wölbung des Quecksilbers bildet. Zu dem Ende erhält sie eine mikrometrische Bewegung durch die Ringschraube gh, welche durch Reibung an der Messingröhre festsitzt. Der Nullpunkt des Verniers ist des besseren Ablesens wegen um ein bis zwei Linien über den unteren Rand der Hülse hinaufgesetzt, welche Differenz bei der Anordnung der Barometerscale berücksichtigt werden muß. Das Deckelstück bei A ist mit drei kleinen Schrauben festgeschraubt, um den drehbaren Ring L, an welchen von innen eine Platte mit einer Schraubenmutter festgemacht ist, aufzunehmen. Kleine Schrauben am Vernier sowohl als auch in der Hülse gh halten von innen einen Messingstreifen fest, welcher das Drehen des Verniers und des oberen Theiles der Hülse verhindert. Die Vernierhülse ist bei df offen, damit man die Theilung auf der Messingröhre ablesen kann. Das Gefäß besteht aus einer stählernen Scheibe aa mit einem Halse, in welchem die Barometerröhre bb eingekittet ist. Auf diese Scheibe ist der gläserne Cylinder ggg'g' aufgeschliffen, so daß er ohne Verkittung höchstens mit einer dünnen Unterlage von geöltem Postpapier (oder zur Vermeidung einer Beschmutzung des Quecksilbers durch Fett, eines feinen ledernen Ringes) luftdicht angepreßt werden kann. Letzteres wird durch den dünnen messingenen Cylinder hhh'h' bewerkstelligt, welcher sich bei c und d in das Bodenstück mn, cd, ef einschraubt und unten vermittelst des angelötheten Ringes hh' den Glascylinder gegen die Fläche aa hindrückt. Der Messingcylinder hat auf zwei entgegengesetzten Seiten eine längliche Oeffnung, welche in der Zeichnung durch punktirte Linien angedeutet ist. Unten schraubt sich in denselben der Deckel pp ein, durch dessen Mitte die Schraube qq von vierfachem Gange und starker Steigung geht. Sie tritt in das äußere Bodenstück ll des Stöpsels ein, dreht sich in demselben frei um und wird durch Vernietung oder durch ein festgeschraubtes Mütterchen r festgehalten. Ueber den *eisernen* Cylinder ii mit breitem ansteigenden Rande ist ein starkes Leder oder Pergament oo gespannt und unter dem Rande festgebunden; kk ist ein hohler mit einer *Feile* genau abge-



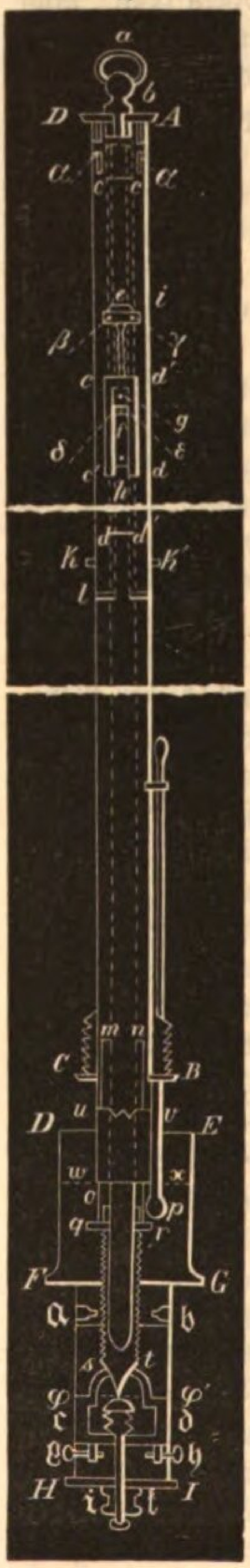
*) Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 784.

rundeter Kork, welcher sich sehr gedrängt in dem Glascylinder bewegen läßt. Man schlägt dann ein Stück Taffent über die Haut oo, zieht die Falten über den Kork kk und schiebt sie mit einer Messerspitze zwischen den Kork und den Cylinder ii; dann wird der Boden ll nebst der daran befindlichen Schraube qq in den eisernen Cylinder ii eingeschraubt, welcher den unteren Theil des Korkes und den Taffent bedeckt. Durch den Ueberzug von Taffent wird die Reibung des Korkes am Glase bedeutend verringert. Die stählerne Platte aa ist nahe am Rande von unten her conisch durchbohrt, der Oeffnung entspricht eine andere im Deckel cd, ein stählernes, in der Mitte vierkantiges, Kölbchen v geht durch dieselbe, wird oben durch das Schräubchen u angezogen und dient als Ventil, um die Luft zuzulassen. Bei mn wird die messingene Barometerhülse mit dem Gefäße durch eine Schraube verbunden. Nicht weit von dieser Stelle ist sie so weit aufgeschnitten, als nöthig ist, um das feste Thermometer dergestalt aufzunehmen, daß es die Barometerröhre beinahe berührt. Eine halbcylindrische Schale von Messing schützt dasselbe gegen Beschädigung und hindert zugleich die Mittheilung der äußeren Temperatur. Das ganze Barometer wird in einen hohlen Stock geschoben, in welchem das Gefäß bei cd genau eingepaßt ist, der Stock wird in ein ledernes Futteral gesteckt, welches auch das Thermometer für die freie Luftwärme aufnimmt und vermittelst eines Riemens über die Schulter gehangen werden kann. Will man mit diesem Barometer beobachten, so nimmt man dasselbe aus dem Stocke, lüftet ein wenig den Stöpsel vermittelst der Schraube qq, hängt dasselbe in schräger Richtung auf, bringt es allmälig in die verticale Richtung, schraubt den Stöpsel so weit zurück, bis das Quecksilber im Gefäße unterhalb des Ringes ef zum Vorschein kommt, öffnet das Ventil v, und beginnt die Beobachtung damit, daß man den Stöpsel so weit hinaufschraubt, bis beim Durchsehen durch das Gefäß zwischen dem Quecksilber und dem Rande ef nur eine feine Lichtlinie bleibt, wobei man zuweilen mit dem Finger das Barometer erschüttern muß. Hierauf verschiebt man die Hülse gh, stellt vermittelst des drehbaren Ringes die untere Kante des Verniers als Tangente über die Convexität der Quecksilbersäule und liest die Scale ab. Beim Verschließen zieht man zuerst vermittelst der Schraube u das Ventil v an, neigt das Barometer, schraubt unterdeß den Stöpsel aufwärts und sperrt mit demselben, nachdem das Barometer abgenommen und umgekehrt ist, das Quecksilber so, daß es nicht in Bewegung gerathen kann. Die Zusammenziehung des Quecksilbers durch Kälte oder die Ausdehnung desselben durch Wärme compensirt die elastische Decke oo, und sollte im letzteren Falle etwas Quecksilber durch diese dringen, so sammelt es sich auf der eisernen Platte ll und kann hier nach Herausnahme des Stöpsels weggenommen werden; auch würde im Falle einer gänzlichen Anfüllung des Cylinders ii mit Quecksilber die Röhre durch die Ausdehnung des Quecksilbers nicht zerspringen, sondern eher etwas Quecksilber neben dem Stöpsel durchgepreßt werden. In dem Gefäße muß stets so viel Quecksilber vorhanden sein, daß die Trommel ll 1 bis 2 Lin. unter dem Ende der Röhre b bleibt. Das ganze Barometer wiegt seiner vielen Theile ungeachtet mit Futteral nur 2,5 Pfd. und erfüllt, obwohl etwas complicirt, alle Anforderungen an ein gutes Reisebarometer.

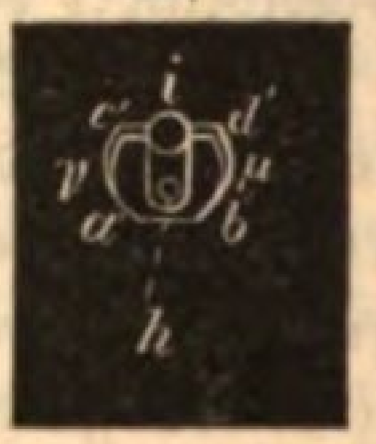
Suckow *) beschreibt ein dem Horner'schen in vielen Stücken ähnliches Reisebarometer mit großer Genauigkeit, wie folgt. Um die Construction des

*) Suckow, die barom. Hypsometrie. Darmst. 1843. S. 8.

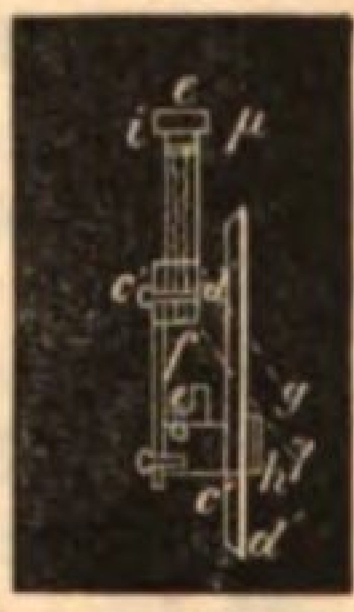
I.



II.



III.



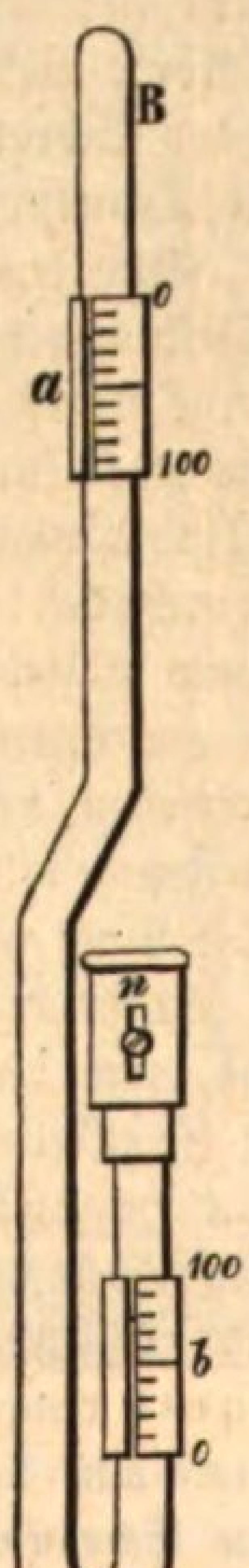
Ganzen gehörig ins Auge zu fassen, diene die mit Fig. I. im Profildurchschnitt und en face nach Körner's bewährten Grundsätzen gegebene Ansicht. Jene Fassung bildet nämlich ein messingenes Rohr nach dem Profildurchschnitt ABCD, dessen oberes Ende durch den Deckel b verschlossen ist, in welchem sich die Vorrichtung mit dem losen, nach allen Richtungen beweglichen Ringe a befindet, um es auch im Zimmer an jedem Nagel aufhängen zu können. Bei $\alpha\alpha$ ist Kork eingefüttert, in welchem das obere Ende des gläsernen Barometerrohrs fest liegt, um jede Bewegung zur Seite hin zu verhindern. Diese Figur, von cc bis dd betrachtet, stellt die Ansicht en face dar. Die messingene Röhre ABCD ist von cc aus bis dd auf den zwei entgegengesetzten Seiten in der Weise flach gefeilt, wie es in Fig. II. die Linien a′b′ und c′d′ angeben, was dazu dienen soll, daß man bei c′d′ den Nonius aufnehmen und bei a′b′ eine Durchsicht zur genauen Beobachtung des Quecksilberstandes gewinnen kann. Die Oeffnung an der hintern Seite ist mit weißseidenem Bande verschlossen, wodurch das Barometerrohr in ein gedämpftes Licht, welches zur genauen Abnahme des Quecksilberstandes sehr vortheilhaft ist, zu stehen kommt. Die Lage und Einrichtung des Nonius geben zugleich die Figuren I., II., III. an. In Figur I. ist nämlich $\alpha\beta\gamma\delta$ ein Rähmchen, in dessen Mitte sich die Schraube ef bewegt; die Schraubenmuttern bei $\beta\gamma\delta\varepsilon$ sind in eine dahinter liegende Feder, welche die Form des Rähmchens hat und nur durch ihre größere Breite $\mu\nu$ Fig. II. von diesem differirt, eingeschnitten, während in dem Rähmchen ein parallelepipedisches Stück Messing eingepaßt ist und die Schraubenmutter g Fig. I. der Schraube ef enthält. Die Schrauben bei $\beta\gamma$ halten einen Deckel i über das cylindrisch gedrehte Ende der Schraube ef und pressen das Stück i, welches die Gestalt des Nonius hat, so fest auf, daß der kleine Rahmen $\beta\gamma\delta\varepsilon$ mehr Friction als der Nonius selbst erhält; letzterer ist bloß mit der Schraube g leicht an das durch die Schraube ef verschiebbare Parallelepipedum befestigt; an das untere Ende desselben ist ein Ring h Fig. I., II., III., dessen Oeffnung größer als der Durchmesser des Barometerrohrs ist, befestigt. Dieses Befestigungsmittel (in Fig. I. mit h, in Fig. II. mit c′ bezeichnet) bildet mit dem Nonius eine winkelrechte Ebene, welche zum Abschneiden des Quecksilbers bei Beobachtung des Barometerstandes dient, weshalb auch bei h in Fig. I. der winkelrechte Einschnitt angebracht ist, welcher in der Ebene der Inderstriche beider Nonien mit der Fläche jenes Ringes zugleich liegt. Der Nonius wird durch die an dem Ringe befestigte kleine Feder ϱ Fig. III. zurückgezogen und auf diese Weise gegen die Fläche des Einschnittes cc, dd festgedrückt.

Will man nun eine Beobachtung am Stande des Quecksilbers nach der in französische Zolle und deren Unterabtheilungen eingetheilten Scale machen, so schiebt man diese ganze Vorrichtung mit der Hand fort, um die Fläche an die Quecksilberwand bei h zu bringen, während die feinere Coincidenz der Ebene, über welche man zur Vermeidung der optischen Parallaxe weg visirt, mit dem Quecksilberrande im leeren Raume durch die Schraube ef bewerkstelligt wird. Bei kk Fig. I. befinden sich 2 Zapfen zum Einhängen des Barometers in ein dreifüßiges Stativ, welches zur Aufnahme desselben mit einem, nach Art der cardanischen Lampen construirten Schwebering versehen ist, um das Barometer einer senkrechten Lage überlassen zu können (vergl. das Barometer von Fortin S. 687). Der bei l angebrachte Boden hat ein Loch, welches etwas weiter als die Barometerröhre ist, um dieselbe im Fall, daß sie etwas gekrümmt wäre, in der Axe der Röhre ABCD zu erhalten und alle Oscillationen beim Transporte zu vermeiden. Am unteren Ende der Röhre ABCD ist zur Beobachtung der Temperatur des Quecksilbers im Barometer ein Thermometer so angebracht, daß dessen Kugel bis in das Quecksilber des Gefäßes herabreicht, während die Röhre ABCD bei CB durch ein eingelöthetes Stück Messing eine engere Oeffnung hat und dieses Stück Messing mit dem Ansatze $\sigma\tau$ endigt, welcher wegen des Durchschiebens des Thermometers an derjenigen Stelle, welche die Figur angiebt, durchbohrt ist. Ein messingener Ring $\xi\varrho$, in welchem eine Nuthe eingefeilt ist, um von oben herein über die Thermometerröhre geschoben werden zu können, und auf dessen Oberfläche eine Schraube gedreht ist, setzt sich gegen den Ansatz $\sigma\tau$ und ist mit drei Schrauben befestigt, deren Köpfe tiefer als das Schraubengewinde auf dem Ringe $\xi\varrho$ stehen, um den Effect der Schrauben nicht zu verhindern, welcher darin besteht, das Instrument beim Transport in sein Stativ zu befestigen und in einer constanten Lage zu erhalten. Eine jener Schrauben ist in der Figur bei ξ sichtbar. In die verengte conische Oeffnung der Röhre ABCD ist ein Stück Eisen mnop eingepaßt, an welchem sich eine elfenbeinerne, nur zwiebelschalendicke Röhre uvwx mit mäßigem Spielraum auf- und niederbewegen läßt und hier als Schwimmer zur Berichtigung der Unveränderlichkeit des Quecksilberniveau's dient und gegen das tiefere Einsinken durch die bei op angebrachten Stifte behindert ist. Dieser Schwimmer ist, wie wx angiebt, zum Zweck des bessern Aufsitzens auf der Oberfläche des Quecksilbers, am untern Ende mit einem schwachen Ringe von etwas größerem Durchmesser versehen und an derjenigen Stelle, wo das Thermometer sich befindet, zur Vermeidung aller Reibung und sonstiger Collision mit demselben gehörig ausgefüllt. Die Linie wx stellt aber auch zugleich das Niveau des Quecksilbers im Gefäße dar. Indem nun auf dem eisernen Cylinder mnop bei uv eine feine Linie eingedreht ist, wie dies in der Figur die punktirte Linie andeutet, so giebt die Coincidenz der eingefeilten Schwimmerkante mit dieser Linie die Richtigkeit des Niveau's, oder im entgegengesetzten Falle die Nothwendigkeit der Correction, durch Auf- und Zuschreiben des das Quecksilber enthaltenden Gefäßes DEFGHI an. In dem eisernen Cylinder mnop ist die entweder aus Eisen oder Elfenbein bestehende Schraube qrst eingeschraubt, welche sich bei st in ein zur Aufnahme des durch die Dilatation aus der Barometerröhre getretenen Quecksilbers bestimmtes Gefäß endigt, eine Schraube, welche gegen das freiwillige Aufschrauben bei der Correction durch die bei op eingebohrten Stifte gesichert ist.

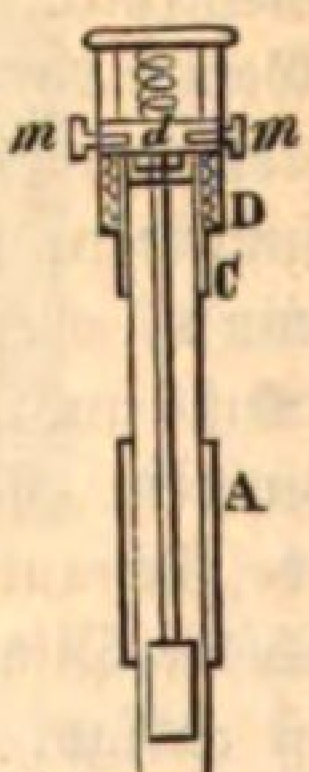
Das aus Eisen gedrehte Gefäß DEFGHI umschließt in seinem Boden FG eine

der Schraube qrst entsprechende, rechts und links festgeschraubte Mutter ab, welche auf 2 Seiten flach gefeilt ist, um dem Quecksilber des engern Gefäßtheiles mit dem Quecksilber des untern Gefäßtheiles Communication zu ertheilen. Der außerdem am unteren engern Theile des Gefäßes angebrachte Ring cd ist bei $\varphi\varphi'$ mit feinem Leder überzogen und zur Absperrung des Quecksilbers nach der Barometerröhre hin bestimmt, während der unterste Boden selbst aus einem hohlen Cylinder gh besteht, dessen oberes Ende viereckig durchbrochen ist, um theils den sich in eine Schraube endigenden parallelepipedischen Stab f aufzunehmen, theils eine Umdrehung um seine Axe unmöglich zu machen, sobald die Schraubenmutter ik bewegt wird. Dieser parallelepipedische Stab endigt sich in einer hölzernen Convexität, welche durch die in der Figur mit angedeutete Feder gegen die Oeffnung der Barometerröhre gepreßt wird und nur durch die Ausdehnungskraft des Quecksilbers zurückgetrieben werden kann, wobei das Quecksilber in den hohlen Raum $\varphi\varphi'$, welcher durch das Zurücktreiben der Feder erweitert wird, austreten kann. Die Schraubenmutter ik dient zum Zurückziehen des übergespannten Leders, wodurch seine ebene Figur, wie solche in der Figur angegeben ist, mit einer converen vertauscht und auf diese Weise geeignet wird, vor dem Verschließen mehr Quecksilber zu fassen, um bei Zusammenziehung desselben einen Vorrath zur Ausfüllung des entstandenen leeren Raumes in der Röhre zu gewinnen.

I.



II.



Meyerstein *) (Mechanicus in Göttingen) hat folgende Construction eines Barometers angegeben. Die Beugung der Röhre ist so, daß der kurze Schenkel A mit dem langen B Fig. I. in eine gerade Linie fällt. Auf dem unteren Schenkel sowohl als auf dem oberen ist mit dem Diamanten ein Strich gezogen und der Abstand beider Striche mikroskopisch gemessen. Auf einem jeden dieser Schenkel läßt sich ein Messingrohr (a und b) von 100 ^{mm} Länge verschieben, welches nach vorn durchschlitzt und facettirt ist. Die Facette dieser Messingröhre ist in halbe Millimeter getheilt. Der Gebrauch des Instrumentes ist einleuchtend. Sobald nämlich das Barometer vertical hängt, schiebt man die Röhre a auf den langen Schenkel, so daß der höchste Punkt der Quecksilberfläche in derselben Ebene liegt, welche durch den vorderen Rand der Messingröhre nach derselben gelegt werden kann. — Ein Gleiches findet mit der unteren Röhre b statt. Man braucht jetzt nur nachzusehen, welcher Strich der Theilung auf der Messingröhre mit dem auf beiden Schenkeln der Glasröhre gezogenen am nächsten zusammenfällt; alsdann findet sich der wahre Abstand beider Oberflächen, indem man diese Theile zu dem gegebenen Abstande der Striche auf der Röhre addirt oder davon abzieht.

Um das Instrument transportabel zu machen, hat der Erfinder folgende Einrichtung getroffen: Auf den kurzen Schenkel Fig. II. ist eine Stahlhülse c gekittet, welche bis zur Hälfte mit Schraubengängen versehen ist. Hierüber schraubt sich eine zweite Hülse D. Im

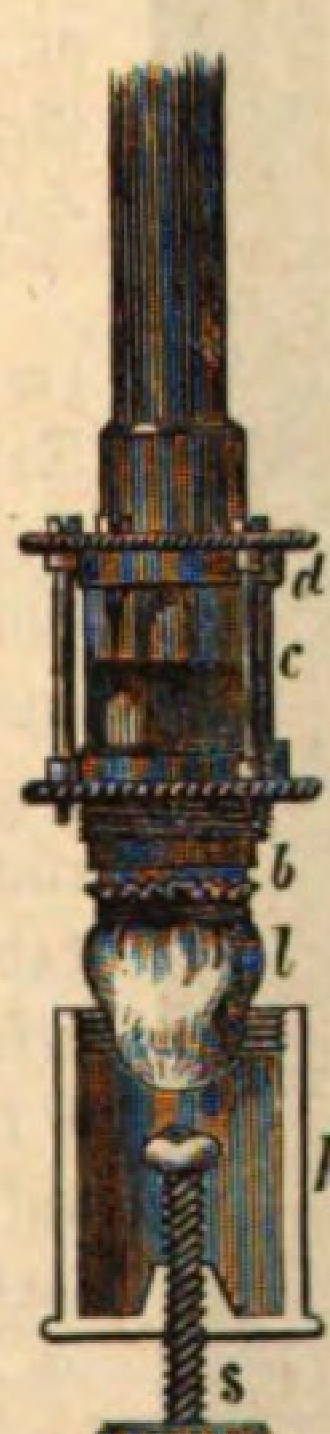
*) Pogg. Ann. Bd. XLVI. S. 620.

Innern von D ist ein beweglicher Boden d, welcher vermittelst der zwei Schrauben mm in den länglichen Löchern n (wie Fig. I. S. 686 zeigt) seine Führung hat. Zwischen dem Deckel der Hülse D und dem beweglichen Boden d ist eine Spirale. Will man nun das Barometer verschließen, so läßt man, wie gewöhnlich, das Quecksilber gegen die obere Kuppe des Rohres treten und schiebt, nachdem man die Hülse D abgeschraubt hat, den Embolus in den kurzen Schenkel, bis er gegen die Quecksilberfläche drückt. Die Embolusstange muß nun so lang sein, daß, wenn die Hülse D wieder auf c geschraubt wird, diese den Boden d berührt. Schraubt man nun D noch tiefer, so wird d hinaufgetrieben und die Spirale erhält eine Spannung. Es hängt demnach von der Stärke der Feder ab, den Embolus herabsteigen oder hinaufsteigen zu lassen, sobald die Temperatur des Quecksilbers sich ändert.

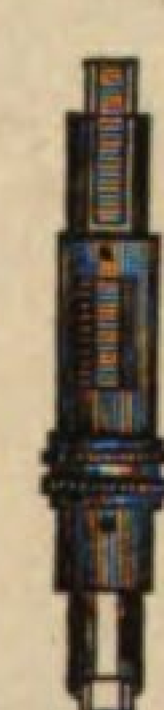
I.



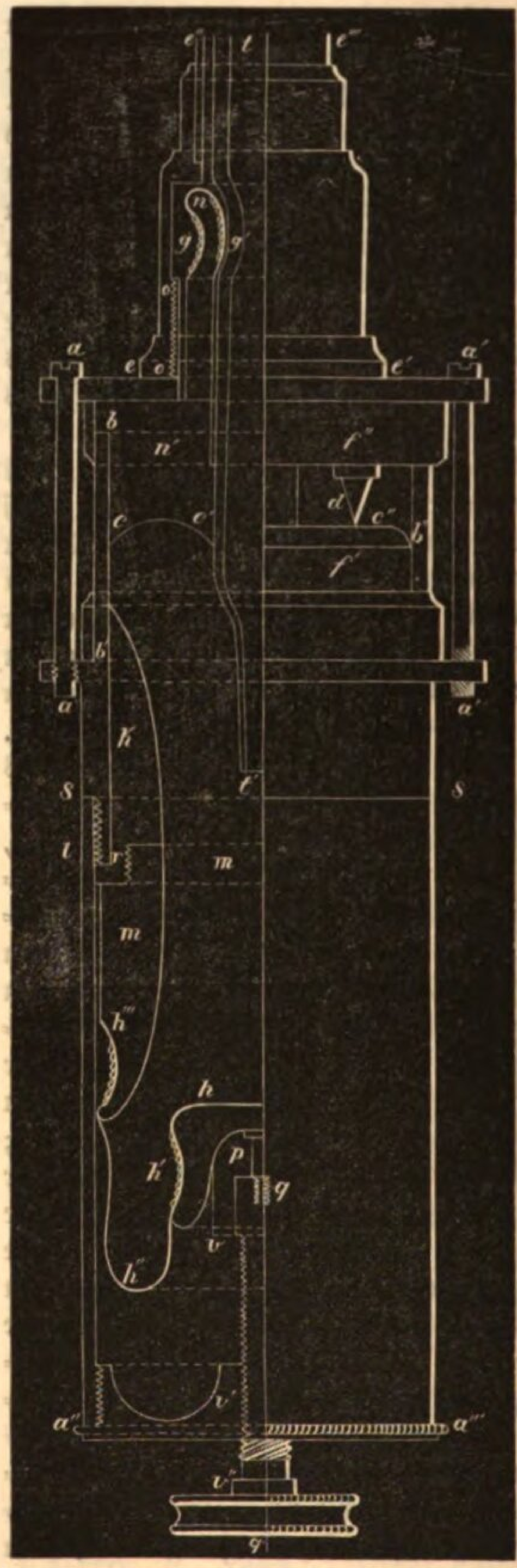
II.



III.



Das Fortin'sche Barometer, Fig. I., ist ein Gefäßbarometer und dadurch ausgezeichnet, daß das Quecksilber im Gefäße ein constantes Niveau hat. Der Boden des Gefäßes ist nämlich durch einen Lederbeutel l Fig. II. gebildet, gegen welchen von unten auf eine Schraube s drückt. Je nachdem man die Schraube s dreht, wird der Quecksilberspiegel im Gefäße gehoben oder gesenkt. Von dem Deckel des Gefäßes aber geht ein unten zugespitzter Stift von Elfenbein herab, welcher sich auf der glänzenden Oberfläche des Quecksilbers spiegelt. Durch Drehen der Schraube s ist es nun leicht, die Oberfläche des Quecksilbers genau mit der Spitze des Stiftes in Berührung zu bringen; es ist dies nämlich der Fall, wenn die Spitze des Stiftes und die Spitze seines Bildes in Berührung sind. Diese Spitze ist der Nullpunkt der Barometerscala. Das Barometerrohr ist von einem Metallrohre umgeben, in dessen oberem Theil n zwei Spalten diametral einander gegenüberstehend angebracht sind, durch welche man die Quecksilberkuppe sehen kann. Auf diesem Metallrohre ist auch die Theilung angebracht, deren Nullpunkt der richtig eingestellte Spiegel des Quecksilbers im Gefäße ist. Man könnte die Höhe der Barometersäule direct auf jener Theilung ablesen; um jedoch Fehler zu vermeiden, welche dadurch entstehen könnten, daß man beim Ablesen das Auge über oder unter die Horizontalebene der Quecksilberkuppe hält, ist auf dem Metallrohre ein Schieber angebracht, Fig. III., in welchem sich ebenfalls zwei diametral



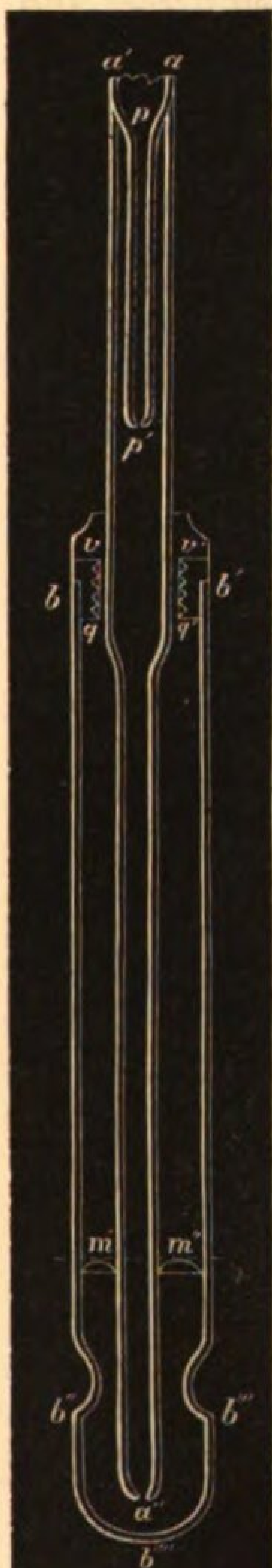
gegenüberstehende Spalten befinden, welche auf die Spalten des Rohres passen und nur etwas breiter sind als jene, so daß man noch die Theilung des Rohres sehen kann. Die oberen Ränder der beiden Spalten im Schieber sind genau in gleicher Höhe. Man stellt den Schieber nun so, daß die Quecksilberkuppe und die oben erwähnten beiden Ränder in eine gerade Linie fallen, daß also die über die beiden Ränder hin gerichtete Visirlinie die Quecksilberkuppe tangirt. Man hat jetzt nur zu sehen, welcher Theilstrich des Rohres der Höhe dieser Visirlinie entspricht. Um auch Unterabtheilungen der Theilung auf dem Rohre noch bestimmen zu können, ist der Schieber mit einem Nonius versehen.

Der Mechanicus Ernst *) in Paris hat an dem Gefäße des Fortin'schen Barometers noch einige Verbesserungen angebracht. Nebenstehende Fig. stellt dies Gefäß zur Hälfte im Durchschnitt, zur Hälfte in Ansicht dar.

Das Gefäß ist zusammengesetzt aus zwei Hauptstücken neb und bb'a''q'. Der obere Theil desselben besteht aus einem Deckel bn' mit einem darauf stehenden Cylinder; letzterer endigt oben in einem erweiterten Hals n, über welchen das Leder g gezogen wird, das sich in eine Verengerung g' der Barometerröhre ll' legt, und dadurch einerseits diese Röhre auflösbar befestigt, andererseits zwischen n und g g' hindurch dem äußeren Luftdruck gestattet, auf die Oberfläche cc' des Quecksilbers im Gefäße zu wirken. Dieses Stück nn' ist von Buchsbaumholz. Dasselbe ist umschlossen von dem Messingcylinder f'', der oben einen Ansatz mit der Schraube oo trägt. Auf letztere schraubt sich die Mutter des unteren Endes der Messingröhre e''e''', welche, wie beim Fortin'schen Instrument, die ganze Barometerröhre umschließt und mit Scale und Nonius versehen ist. Bei f'' geht durch den Deckel n' der Elfenbeinstift d hindurch, der an der

*) Nach Delcros im Bull. de la soc. géol. de France. T. XII. p. 446. Pogg. Ann. Bd. LX. S. 374.

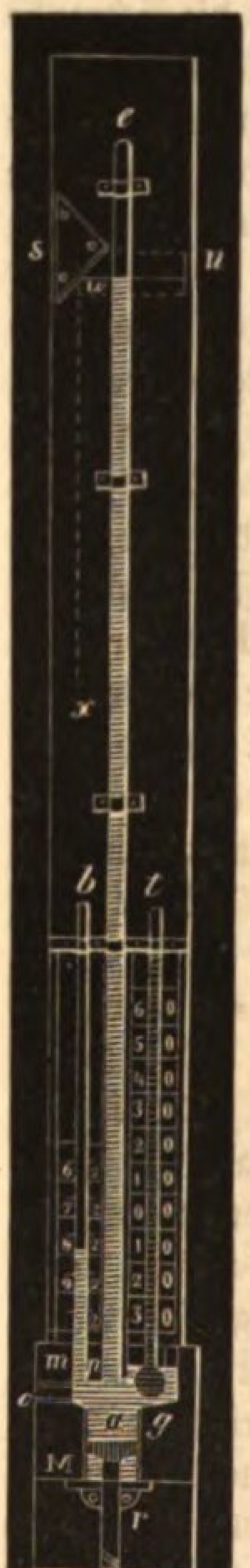
Messingplatte ee' unveränderlich befestigt ist und immer denselben Abstand von dem letzten Theilstrich der Scale behält. Die untere Spitze dieses Stifts befindet sich mitten in der Breite des ringförmigen Meniscus c'' der Quecksilberkuppe und entspricht genau dem Nullpunkt der Barometerscale. Drei Stifte mit Schrauben aa, aa', a'' a'' verbinden den oberen Theil des Gefäßes mit dem Cylinder, der den unteren Theil desselben bildet. Dieser untere Theil besteht zunächst aus einem Glascylinder bb' b'', welcher das Durchsehen auf das Quecksilber gestattet. Unten bei b' ist derselbe in dem Cylinder festgekittet, und oben bei b wird er mittelst der Schrauben a, a', a'' gegen einen unter dem Deckel liegenden Lederring gepreßt. Dies bewirkt einen sicheren Verschluß, und erlaubt den Cylinder abzunehmen und zu reinigen. Der untere Theil des Gefäßes, welcher das Quecksilber enthält, besteht aus zwei hohlen Cylindern von Buchsbaumholz k und m, welche durch die Schraube r verbunden und von einem Messingcylinder umschlossen sind, der sich in ss' auseinander schrauben läßt. Die untere Hälfte enthält an ihrer Grundfläche eine Mutter mit der Schraube qq', welche bestimmt ist, den Buchsbaumboden hh' zu heben oder zu senken. Auf letzterem ruht der Ledersack h h' h'' h''', der das Quecksilber enthält, bei h' an dem Buchsbaumboden und bei h''' an dem Buchsbaumcylinder festgebunden ist. — Die Vorzüge dieses Barometers vor dem Fortin'schen bestehen wesentlich darin, daß es sich, wenn die Quecksilberfläche oxydirt oder der Glascylinder blind geworden ist, mit Leichtigkeit auseinander nehmen und reinigen läßt, und daß ebenso, wenn die Röhre beschädigt worden, jeder Reisende ohne Umstände eine neue einsetzen kann, falls er solche in Vorrath mit sich führt. Dabei ist das Instrument etwa drei Pfund leichter. Es hat sich übrigens vollkommen bewährt, da es auf der französischen Nord-Expedition, in Lappland, Finnmarken und Spitzbergen vielfach gebraucht und unbeschädigt wieder nach Paris zurückgebracht worden ist.



Derselbe Künstler hat auch ein neues Gefäß-Barometer mit veränderlichem Niveau construirt. Dasselbe ist seinen wesentlichen Theilen nach hier abgebildet. Die Röhre hält bei aa' 7 bis 8 Millimeter im Lichten, unterhalb bb' ist sie enger, und ihre Oeffnung unten bei a'' hat einen noch geringeren Durchmesser. Bei pp' enthält sie, wie die Gay-Lussac'schen Heberbarometer (welche Instrumente, wegen ihrer großen Enge, von Delcros für ebenso unzuverlässig erklärt werden, als sie wegen ihrer complicirten Gestalt zerbrechlich sind), einen trichterförmigen Einsatz (poche), um die etwa eingedrungene Luft aufzufangen und am Aufsteigen in das Vacuum zu hindern. Das Gefäß besteht aus einem Glascylinder bb'b''b'''b'''', der den dünneren Theil der Röhre umschließt und oben mit einer (eisernen) Mutter qq' versehen ist, mittelst welcher und der auf die Röhre gekitteten Schraube vv' die Verbindung beider hergestellt wird. Nach unten hat es eine Verengerung und oben ein Löchelchen, um der äußeren Luft den Eintritt zu gestatten. Der Durchmesser

des cylindrischen Gefäßes und der Röhre sind so berechnet, daß die Capillardepression des ringförmigen Meniscus m m′ im Gefäße beinahe die der Röhre aufhebt. Wo indeß eine große Genauigkeit verlangt wird, muß man diese Depression besonders berichtigen. Dazu giebt Delcros eine Tafel, welche von ihm nach den Formeln von Schleiermacher berechnet worden, und welche ich weiter unten mittheilen werde.

Romershausen *) theilt zugleich mit seinem (S. 662) beschriebenen Apparate zu Auskochung der Barometerröhren eine umständliche Beschreibung seines Spiegelbarometers mit, welche wir vollständig mittheilen, weil sie namentlich denen, welche entfernt von einer tüchtigen mechanischen Werkstatt wohnen, Anleitung giebt, sich ein Instrument selbst anzufertigen, welches wenigstens die gewöhnlichen Barometer an Genauigkeit übertrifft.



In beistehender Figur ist e der lange und b der kurze Schenkel dieses Barometers, t das die Quecksilbertemperatur anzeigende Thermometer und a ein kleiner, mit einem Kolben versehener Stiefel von Glas. Alle diese Röhren sind durch ein Parallelepipedum von einem recht dichten und harten Holze M in Verbindung gesetzt. Zu dem Ende wird letzteres mit folgenden Bohröffnungen versehen: 1) Die horizontale bis zu g hindurch laufende Oeffnung c, welche die Communication der Röhren ꝛc. bezweckt. 2) Die senkrecht auf vorige treffenden Oeffnungen, m für den kurzen Schenkel, p für den langen Schenkel und die weitere g für das in das Quecksilber versenkte Thermometer. 3) Die Oeffnung a für den Glasstiefel, welcher zugleich als Quecksilberbehälter dient. Man bohrt diese Oeffnungen am besten auf der Drehbank vermittelst eines sogenannten, den Durchmesser der Röhren um etwas übersteigenden Centrumbohrers, wodurch sie sowohl recht glatt, als vollkommen auf einander treffend erhalten werden. Das Innere dieser Höhlungen tränkt und überzieht man alsdann mit einer starken, klaren Fischleimauflösung, wodurch dieselben sowohl an Dichtigkeit, als an glasartiger Glätte gewinnen. Zu dem Stiefel a wählt man ein etwa 4 bis 5 Linien im Durchmesser haltendes und $2^1/_2$ Zoll langes vollkommen cylindrisches Stückchen einer starken Glasröhre, deren Ränder man sauber abschleift und unterhalb etwas weniges an der Lampe erweitert und glättet. Am äußern Umfange wird hingegen das Glas mit einer scharfen Feile geritzt und rauh gemacht und mit einigen Lagen feinen Papiers oder dünner Kalbsblase vermittelst guten Fischleims dicht überzogen. Wenn dieser Ueberzug völlig trocken ist, so bearbeitet man ihn mit der Feile so weit, daß die Röhre genau schließend in ihre Holzöffnung einpaßt, woselbst sie alsdann mit einem neuen Leimanstrich sorgfältig eingefügt wird. Der für diesen Stiefel bestimmte Kolben a besteht aus einem Stückchen recht feinen, dichten und elastischen Korkes. Es wird durchbohrt und zwischen zwei an dem Schraubenstift d angebrachten eisernen Scheibchen bei a fest aufgeschraubt, mit einem Messer ziemlich rund zugeschnitten und auf der Drehbank völlig passend abgedreht. Man erlangt dieses am leichtesten durch ein recht scharfes Rasirmesser, indem man die Schneide dessel-

*) Pogg. Ann. Bd. IV. S. 340.

ben fast senkrecht auf die Drehungsfläche ansetzt. Auf diese Weise erhält man den Kolben vollkommen glatt und rund; die Anwendung der Feile muß hingegen vermieden werden, da sie den Umfang nur faserig und nie ganz glatt darstellen kann. Der Kolben muß sich in der Röhre etwas pressen und vollkommen dicht schließen; da die Bewegung desselben vermittelst einer Schraubenvorrichtung bewirkt wird, so hat sie auch bei dem dichtesten Schluß keine Schwierigkeit. Die Kolbenstange ist unterhalb des Kolbens, so weit als die Linie ihrer Bewegung reicht, vierkantig gearbeitet und läuft daselbst in der gleichförmigen Oeffnung des an dem unten vorstehenden Brete befestigten Messingstücks r, welches zugleich den Stiefel verschließt und bewirkt, daß sich der Kolben nicht drehen, sondern nur auf und nieder steigen kann. Weiter nach unten bildet alsdann die Kolbenstange eine Schraube, welche durch die unter dem Brete frei hervorragende Fingerschraube bewegt wird, indem diese sich in einem Falze dreht und so den Kolben auf- und niederzieht. Alle mit dem Quecksilber in Berührung kommende Metalltheile müssen von Eisen oder Stahl gefertigt werden; sie werden gut polirt und gegen das Rosten mit dem Anstriche eines harten Bernsteinfirnisses versehen. Ist die Vorrichtung so weit vorbereitet, so wird das in Hinsicht seiner Scale bereits vollkommen berichtigte Thermometer bei g eingesetzt. Die Röhre wird zu dem Ende zunächst über der Kugel ganz wie der Glasstiefel behandelt, mit einem Streifen Blase versehen und in einem Kork recht fest verleimt. Der Kork wird für die ihm bestimmte Oeffnung rund und passend zugeschnitten, so daß sein Durchmesser den der Kugel um etwas überschreitet, damit die Kugel ohne anzustoßen allenthalben vom Quecksilber des Barometers umgeben ist. Mit dieser Vorsicht setzt man nun den Kork mit Leim in seine Oeffnung ein und verschließt alsdann auch die Bohröffnung c des Holzstücks M entweder mit einer passenden Holzschraube oder einem Kork, welchen man einleimt. Wir wenden uns nun zur Anfertigung der Barometerröhren b und e. Man wählt beide etwa von einem innern Durchmesser von $1^1/_2$ Linie. Es ist indessen nicht unumgänglich nothwendig, daß beide von völlig gleichem Durchmesser sind, wenn dieses Verhältniß nur nicht auffallend abweicht. 1) Der lange Schenkel ep. Man nimmt dazu eine reine, wenn auch nicht gleich weite oder vollkommen cylindrische Glasröhre von 35 Zoll Länge. Sie wird an dem Ende p, wo sie in das Holz geleimt werden soll, glatt geschmolzen, und wie die übrigen Röhren mit Blase überzogen, welche mit der Feile für ihre Oeffnung vollkommen passend gemacht wird. Alsdann wird sie gut gereinigt und am Ende e halbkugelförmig zugeschmolzen; es ist wichtig, daß dieser Verschluß nie kegelförmig geformt sei, und dagegen vorzuziehen, daß die Halbkugelform unmerklich über den Durchmesser der Röhre hervortritt. Die Röhre wird nun vermittelst eines Bindfadens am Kochapparate (s. Fig. S. 662) bei r aufgehängt, erhitzt und mit reinem, gleichförmig erhitzten und wohlgetrockneten Quecksilber durch einen feinen Papiertrichter gefüllt und alsdann nach obiger Anleitung aufs vollkommenste ausgekocht. 2) Der kleine Schenkel bm. Man wählt dazu ein recht klares und vollkommen cylindrisches Röhrstückchen, welches auch keine Schwierigkeit hat, da es nur etwa 8 Zoll lang zu sein braucht. Es muß zu dem Ende aufs sorgfältigste calibrirt werden. Es wird nun am untern Ende m glatt geschmolzen und oben bei b mit einem etwas erweiterten Rande versehen. Unten bei m wird diese Röhre ganz wie die übrigen behandelt, mit Blase umklebt und recht fest in die Bohröffnung eingeleimt. Um nun auch den ausgekochten langen Schenkel bei p

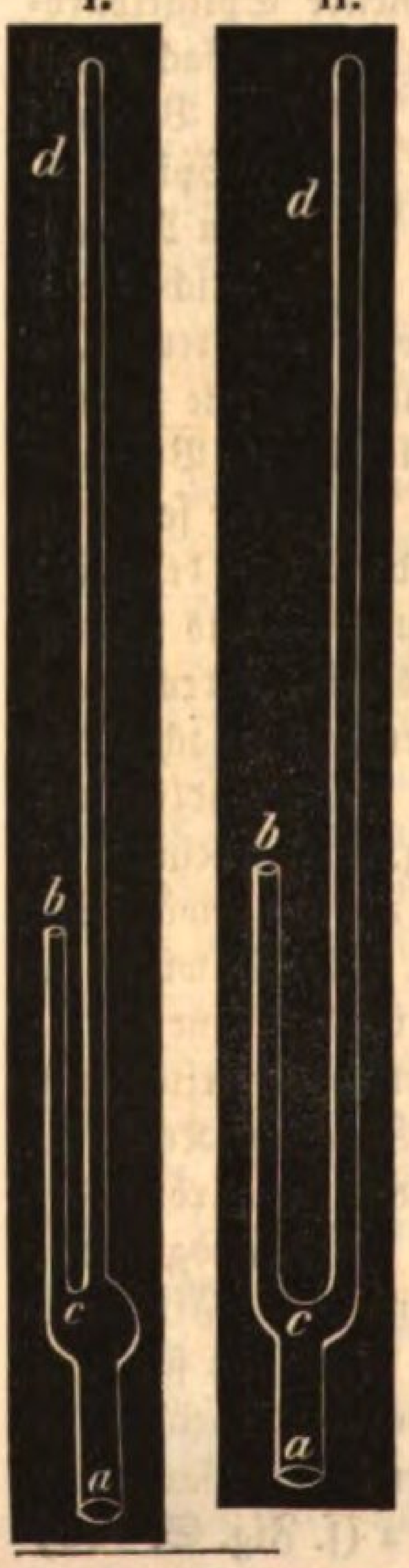
einzuleimen, kehrt man M so herum, daß b und t nach unten kommen und die Oeffnung r des Stiefels nach oben steht. Das Instrument bleibt in dieser Lage hängen, bis Alles vollkommen trocken geworden ist, alsdann schreitet man zur vollendeten Füllung desselben. Zu diesem Zwecke schraubt man das Parallelepipedum M an das bereits vorgerichtete Barometerbret, wo dasselbe bis an die Röhren eingelassen ist, und befestigt die Röhren einstweilen nur oberflächlich mit einem Faden am Brete, um sie vor Zerbrechung zu schützen. Man schiebt jetzt in den kleinen Schenkel b einen an einem Eisendraht befestigten Stöpsel bis an seine Mündung m hinauf, damit diese Röhre ganz verschlossen ist. Nun gießt man von oben durch den offenen Stiefel a so viel reines und trockenes Quecksilber ein, daß derselbe etwa bis zu $^2/_3$ seiner Länge angefüllt ist, wobei man durch Erschütterung und vermittelst eines Drahtes alle Luft aus der innern Höhlung auszutreiben sucht. Alsdann drückt man den Kolben nur so tief in den Stiefel a, daß derselbe dadurch geschlossen ist, und neigt nun die Vorrichtung nachgerade zur Seite, so daß das Bret horizontal liegt und die schmale Kante n nach unten gekehrt ist. Bei dieser Lage steigt die zwischen dem Kolben und dem Quecksilber im Stiefel eingeschlossene Luft in den Raum unter c hinauf, welches man durch einige Erschütterung leicht vollständig bewirkt. Wenn man jetzt den Stöpsel aus dem kleinen Schenkel b auszieht, das Barometerbret bei seinem Obertheile e etwas hebt und zugleich den Kolben tiefer in den Stiefel einschiebt, so treibt das in m b aufsteigende Quecksilber den unter c befindlichen Rest der Luft vor sich her. Hat das Quecksilber auf diese Weise im kleinen Schenkel die Länge der Scale überschritten, so kann man das Barometer ohne Sorge aufhängen und die Füllung ist vollendet. Man befestigt nun die Vorrichtungen d und r und die Röhren selbst mit gefütterten Messinghülsen am Brete, auch fügt man sogleich die Barometer- und Thermometer-Scalen hinzu. Die richtige Stellung der letztern geschieht nach den zuvor an der Thermometerröhre gemachten Merkzeichen, die Berichtigung der erstern aber wird auf folgende Art bewirkt. Hat man ein anderes gutes Heberbarometer zur Hand, so schraubt man den Kolben vermittelst der Fingerschraube d so weit herab, daß das Quecksilber in dem kleinen Schenkel b auf der Scale einen gleichen Stand mit dem Heberbarometer angiebt. Bei diesem Verfahren wird nun auch die Quecksilbersäule im langen Schenkel e bis zu einem gewissen Punkte w herabsinken, welches für die Folge der Normalpunkt des feststehenden Niveau's ist. Man bezeichnet denselben einstweilen nur dadurch, daß man hier ein, mit einem feinen Querstrich versehenes Kartenpapier unter die Röhre schiebt, und läßt die Vorrichtung so einige Tage ruhen, während man den fernern Gang beobachtet und vergleicht. Dieses erfordert, wegen einiger Senkung des Quecksilbers &c., die folgende genaue Berichtigung des Niveau's. Zu dem Ende trägt man auf eine mit dem langen Schenkel genau parallel aufwärts gezogene Linie, vermittelst eines sichern Cirkels, aus dem Theilpunkte 28″ der Scale sorgfältig 28 Par. Zolle aufwärts und zieht durch den Endpunkt dieser Linie eine darauf senkrechte quer über das Bret, welche nun die normale Lage für das Niveau bezeichnet. s ist ein kleiner Metallspiegel von der Höhe eines Zolles, welcher auf eine Messingplatte verlöthet und zur Seite der Röhre e, in einer Neigung von 45 Grad gegen die Niveaulinie und zwar so festgeschraubt wird, daß sowohl seine Fläche senkrecht auf dem Brete steht, als daß auch die Niveaulinie seine Mitte trifft. An dem Punkte, wo diese Linie den Spiegel berührt, wird alsdann auf der Spiegelfläche eine sehr feine Linie aufwärts und

senkrecht auf dem Brete stehend eingerissen. Das Niveau w n besteht aus einem saubern Silber- oder Elfenbeinblättchen, auf dessen Mitte eine feine schwarze Linie bezeichnet ist, die sich, wie schon bemerkt, an die Linie der Spiegelfläche genau anschließt. Die Form dieses Niveaublättchens leuchtet aus der Zeichnung ein; es wird nach vollkommener Berichtigung mit der auf dem Brete bemerkten Linie unverrückbar angeschraubt. Das Barometer würde nun in seiner einfachsten Gestalt vollendet sein, wenn man ihm nicht noch einige passende Verzierungen geben will; so kann man z. B. dem unterhalb M vorstehenden Theil des Bretes bei r, welcher den Mechanismus der Kolbenbewegung enthält, in gleicher Höhe mit M verdecken, wodurch zugleich das Eindringen von Staub in den Stiefel a verhütet wird ꝛc. Die Scale des Barometers hat aus oben angegebenen Gründen eine der gewöhnlichen entgegengesetzte Sprache. Sie ist in Zwölftheile der Linie getheilt, welche man bei dem Gebrauch einer Lupe noch halbiren kann. Wer indessen andern künstlichen Vorrichtungen zu genauerer Maßbestimmung mehr Vertrauen schenkt, kann dieselben leicht mit der Scale in Verbindung setzen. Romershausen sagt, er messe ohne dieselben schneller und sicherer, indem er den Stand der Quecksilbersäule nicht nach der obern Wölbung derselben, sondern nach ihrer Basis bestimmt, welche bei einer gut gewählten Röhre und richtiger Beleuchtung durch einen scharfen Schatten in derselben nicht allein den Horizontalstand des Auges berichtigt, sondern auch den genauesten Schnitt erlaubt. Das zu beobachtende Spiegelbarometer wird so aufgehängt, daß sich die Scale in der Augenhöhe des Beobachtenden befindet und die vordere Spiegelfläche dem Lichte zugekehrt ist. Bei der Beobachtung faßt man die Schraube d und sieht aufwärts in den Spiegel s, wo man die Quecksilbersäule aufs schärfste durch den reflectirten Niveaustrich geschnitten erblickt, indem das Bild derselben in der Richtung x herab und zugleich in einem Winkel von 45 Grad vor das Bret reflectirt wird. Man richtet dabei das Auge so ein, daß das reflectirte Niveau die zarte Linie im Spiegel deckt, wodurch jeder Fehler in der Visirlinie unmöglich wird. Durch Bewegung der Schraube d hebt oder senkt sich nun die Quecksilbersäule, man kann sie daher, wegen der Länge der Richtungslinie, auf einen Blick aufs schärfste und genaueste in das Niveau einrichten. Nun liest man den Stand des Barometers auf der dem Auge gegenüberliegenden Scale ab. Die in nebenstehender Figur nach einem größern Maßstabe besonders dargestellte Vorrichtung schützt endlich das Barometer bei dem Transporte gegen Beschädigung. b ist ein Stück des kleinen Schenkels b m (s. Fig. S. 690) und n a eine gewöhnliche feine Thermometerröhre von zureichender Glasstärke. Bei K wird eine starke Kugel angeblasen, welche oberhalb nach a zu in eine feine Spitze ausgezogen wird. Die untere Mündung n wird etwas erweitert und auf bekannte Weise mit Blase überzogen und in ein Stückchen Kork eingeleimt, welches, wie die Figur zeigt, in einen in die Schenkelröhre genau passenden Kolben verwandelt wird. Die untere etwas ausgehöhlte Fläche dieses kleinen Kolbens überzieht man mit einer Lage Fischleim, um sie völlig glatt herzustellen. Bei engern Röhren kann man sich auch anstatt des Korkes eines starken elastischen Lederstückchens bedienen. Der Gebrauch dieser Vorrichtung ist nun folgender: Wenn das Barometer transportirt werden soll, so schraubt man den Kolben a (s. Fig. S. 690)



so weit nach oben, daß das Quecksilber im langen Schenkel oben bei e dicht anschließt und im kurzen über die Scale hinaufsteigt; alsdann drückt man den kleinen Kolben n, wie die vorhergehende Figur deutlich macht, dicht auf das Quecksilber herab; die zwischen beiden befindliche Luft entweicht dabei völlig durch die Röhre n a und das Quecksilber steigt bis in die Kugel K hinauf. Auf diese Weise ist nun, wegen des Gegendruckes dieser Quecksilbersäule in n K, das Barometer vollkommen gegen das Eindringen von Luft gesichert. Dehnt die Wärme das Quecksilber des Barometers aus, so steigt es in die Kugel K hinauf, zieht hingegen die Kälte es zusammen, so sinkt es aus der Kugel nach. Das Schwanken der Quecksilbersäule ist durch die Feinheit der Röhre verhindert. Nachdem das Barometer an Ort und Stelle aufgehängt ist, zieht man die kleine Kolbenröhre wieder etwas in die Höhe, wobei der Luftdruck sämmtliches Quecksilber wie der in b herabtreibt und die Luft alsdann nachfolgt. Jetzt schraubt man den langen Schenkel auf das Niveau und es kann nun die Beobachtung geschehen. Diese kleine Vorrichtung n k a bleibt zum Schutze gegen Staub ꝛc. mit dem Barometer verbunden; sie wird zu dem Ende über b (s. Fig. S. 690) in der Richtung der Linie x mit belederten Messinghülsen befestigt, worin sie sich stetig und sicher auf und nieder schieben läßt. — Wer das hier beschriebene Spiegelbarometer ganz von Glas und ohne Holzfassung anfertigen will, findet in Fig. I. und II. einige zweckmäßige und leicht ausführbare Formen. Diese Einrichtung hat mehrere Vorzüge und ist jedem in der Glasblasekunst Geübten von selbst verständlich. Das Instrument hat übrigens allerdings einige bedeutende Uebelstände, namentlich die Einrichtung der Scale, welche zugleich aus Holz und Metall besteht, und den Umstand, daß auf dieses Barometer nur der Stand eines andern, als richtig angenommenen, übertragen wird. Auch ist es gegen die allgemeine und richtigere Annahme, daß Romershausen die Quecksilberfläche von da ab mißt, wo sie die Glaswand berührt, und nicht vom höchsten Punkte ihrer Wölbung, da gerade die mittleren Theile der Quecksilbersäule ungehinderter durch die Haarröhrchenanziehung des Glases ihren Stand dem Drucke der Atmosphäre gemäß annehmen können.

I. II.



Zu den ausgezeichnetsten Barometern gehören die aus der Werkstatt von Pistor und Schieck hervorgegangenen. Ein solches beschreibt Dove*).

Von einem 4 Zoll breiten und $3^1/_2$ Fuß langen Mahagonybret, durch tief in die Mauer eingelassene und (wie gewöhnlich vermittelst eines Schwalbennestes) eingegypste Schrauben wohl befestigt, gehen zwei starke, 6 Zoll lange eiserne Arme aus, deren unterer an einem Ende eine conische Pfanne trägt, der obere hingegen in einem Ring endigt. Die Pfanne nimmt das in einen conischen Zapfen endende Instrument auf und trägt die Last desselben, der obere Endstift des Instruments geht durch den Ring des obern Armes und ist mit einem Charnier versehen. Vermittelst vier Stellschrauben kann dieser Stift so lange verstellt werden, bis die

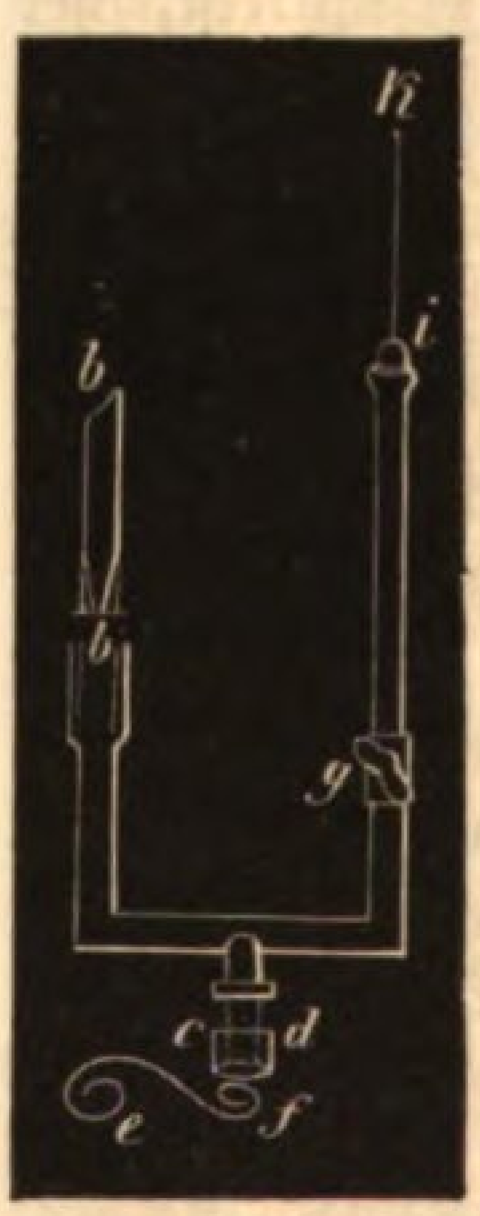
*) Repertorium der Physik von Dove ꝛc. Bd. I. S. 31.

Scale abgelothet ist. Hebt man das Barometer aus der Pfanne, um das Quecksilber durch Neigung in Bewegung zu versetzen, so wird es oben durch eine über den Ring greifende Platte gehalten, welche bei dem Aufstellen, nachdem der Stift durch den Ring gesteckt worden, eingeschraubt wird. Die durchgängig 7 Linien weite Glasröhre ist in der Mitte so gebogen, daß die Quecksilberkuppe des Torricelli'schen Vacuums mit der Quecksilberkuppe im offenen Schenkel in derselben Verticallinie liegt. Die Ablesung der Niveaudifferenz beider geschieht vermittelst zweier achromatischer mit Fadenkreuzen versehener Mikroskope, von denen das eine feste dem Nullpunkte der Messingscale entspricht, das andere sich auf derselben verschiebt. Diese $11^1/_2$ Linien breite Scale verschiebt sich mit Reibung auf einem $1^1/_2$ Zoll breiten Messinglineal zwischen vier Paar auf derselben befestigten rechtwinkelig etwas übergreifenden Ansätzen. Am unteren Ende dieses Lineals befindet sich die Schraubenmutter der mikrometrischen Schraube des untern Mikroskopes, deren Stift, $1^1/_2$ Zoll weit als Schraube geschnitten, noch 8 Zoll weiter reicht und durch die dicht über dem festen Mikroskop befindliche Klemme der Scale hindurchgeht, um nach vorläufiger Einstellung von dieser festgehalten zu werden und dann die feinere Correction durch die Schraube zu gestatten. Die Einrichtung des obern Mikroskopes ist genau dieselbe, nur mit dem Unterschiede, daß die Schraubenmutter der Mikrometerschraube, wie sich von selbst versteht, von der Scale, nicht von dem Lineal getragen wird. Die Scale selbst ist von 25 bis 30 Zoll auf Silber direct in $^1/_5$ Linien getheilt. Vermittelst des damit verbundenen Nonius erhält man die Ablesung des obern Mikroskopes auf ein Hunderttheil Linie. Um aber die Verschiebung der Scale auf dem Lineal zu erhalten, sind in der Mitte derselben noch 3 Zoll ebenso getheilt, und neben dieser Theilung auf dem Lineal ist die getheilte Noniusplatte befestigt, welche $^1/_{100}$ Linie giebt. Nonius und Scale liegen wie bei dem obern Mikroskope in einer Ebene; die Ablesung geschieht vermittelst einer Ablesungslupe. Durch diesen Nonius erhält man die Senkung des Quecksilberspiegels im offenen kurzen Schenkel und kann daher bestimmen, ob sie gleich sei der Erhöhung desselben im obern Schenkel der Röhre. Bei vollkommen gleicher Weite der Theile der beiden Schenkel des Barometers, welche von den Quecksilberoberflächen berührt werden, wird die Temperaturveränderung des Quecksilbers nämlich Veranlassung zu der Erscheinung, daß dasselbe in dem offenen Schenkel nicht um dieselbe Quantität sich vermindert als in dem geschlossenen. Denkt man sich von dem untern Niveau eine horizontale Linie die Quecksilbersäule, welche dem Drucke der Luft das Gleichgewicht hält, abschneidend, und nun bei unverändertem Drucke die Temperatur des Quecksilbers sich erniedrigend, so wird das Sinken dieser horizontalen Linie die Erniedrigung des untern Niveau's angeben. Die auf dieser horizontalen Linie ruhende Säule wird nun um ebenso viel, als diese Senkung beträgt, herabfallen, da sie sich aber ebenfalls durch die Temperaturerniedrigung zusammenzieht, so wird ihre obere Fläche außer der Quantität, um welche sie wegen der Senkung des untern Niveau's fiel, noch um die Quantität der Zusammenziehung der Säule sich senken. Auf diese Erscheinungen hat neuerdings wieder Buff*) aufmerksam gemacht. — Durch Aufschrauben der von dem Instrument leicht trennbaren gesammten Meßvorrichtung auf einen wie dieselbe für 13° R. berichtigten Étalon à traits kann man sich überzeugen, ob die auf 28 Zoll der Scale geschehene

*) Pogg. Ann. Bd. XXXI. S. 266.

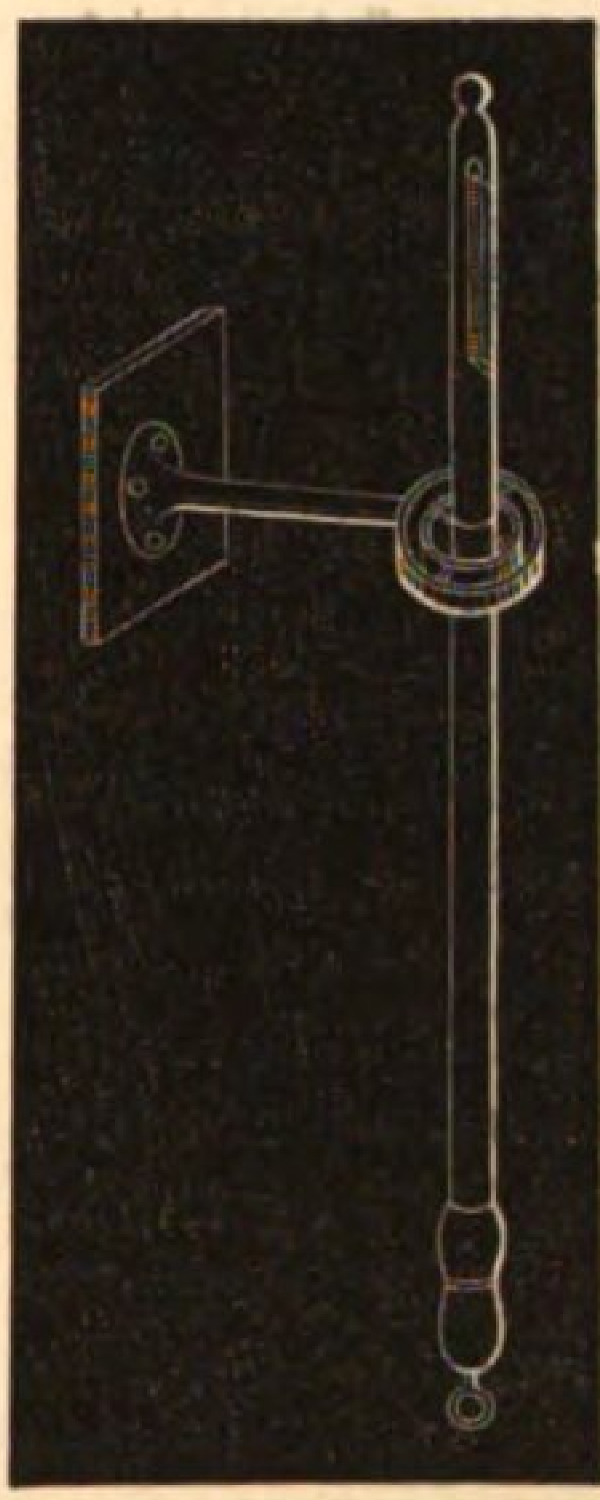
Einstellung der Fadenkreuze der Mikroskope genau den Parallelstrichen der Silberplatten des Etalons entspricht. In der hölzernen Fassung des Barometers befindet sich das Thermometer für die Ausdehnung des Quecksilbers, mit seiner Kugel in einer mit Quecksilber gefüllten Röhre von gleichem Durchmesser, als die Barometerröhre. Auf der Mitte der Scale senkrecht auf die Ebene derselben ist das Thermometer für die Ausdehnung der Scale angebracht, seine Kugel ist mit Messing umgeben. Die Scalen beider sind von Elfenbein, um leicht gegen einen hellen Grund abgelesen zu werden. An den Ständern beider Mikroskope befinden sich messingene Abblendungen, welche, wenn sie vorgelegt werden, die hell beleuchtete Grenze der Quecksilberkuppe scharf auf dem dunkeln Grunde abschneiden. Diese Kuppe ist wie bei allen Barometern in dem mit Luft theilweise erfüllten Schenkel viel convexer als im Vacuum, aber in demselben ebenfalls noch sehr deutlich convex, auch hat sich diese Krümmung in zwei Jahren nicht merklich geändert. Da nach langer Zeit an den Stellen, wo das Glas im kürzeren Schenkel fortwährend mit Luft und Quecksilber abwechselnd in Berührung kommt, die Durchsichtigkeit desselben etwas vermindert werden kann, so ist anzurathen, neben dem Barometer eine kleine Vorrichtung an der Wand anzubringen, welche das aus der Pfanne gehobene stark geneigte Instrument zu den Zeiten unterstützt, wo man keine Beobachtungen daran anstellt.

Von besonderem Vortheil ist das Barometer zur See, indem es hier sicherer als Wetterverkündiger zu brauchen ist, als auf dem festen Lande, wo Gebirge, Wälder, Sümpfe ꝛc. ihren Einfluß äußern. Wegen der fortdauernden Bewegung, in welcher sich ein Schiff befindet, ist es indessen schwer, das Barometer vor dem Zerschelltwerden durch das anschlagende Quecksilber zu schützen. Ehemals bedienten sich die französischen Schiffe des von Blondeau *) vorgeschlagenen eisernen Barometers (s. nebenstehende Figur), welches, auch zum Transporte eingerichtet, nach Deluc's Art verschlossen werden kann. Wo der längere Schenkel bb in das Verbindungsstück eingeschroben wird, da ist die Oeffnung b beträchtlich verengert, um die Schwankungen zu vermindern und das Eindringen der Luft bei der Zusammensetzung zu vermeiden. Der Hahn g ist sehr eng durchbohrt und kann außerdem nach Gefallen weniger geöffnet werden, um die Schwankungen möglichst zu vermindern. Gegen den Einfluß der Ausdehnung des Quecksilbers durch Wärme ist der Fortsatz des Verbindungsstückes cd mit einer Blase überbunden, gegen welche vermittelst der Feder ef ein Polster gedrückt wird. Wegen der Undurchsichtigkeit beider Schenkel dieses Barometers kann man den Stand des Quecksilbers nicht unmittelbar beobachten; deswegen ist auf das Quecksilber im kürzeren Schenkel ein Schwimmer von Elfenbein gebracht; von diesem aus geht ein eiserner Draht durch die enge Oeffnung bei i und giebt mit dem Knöpfchen k den Barometerstand an. Ein Schiffsbarometer mit Zifferblatt wurde schon oben S. 673 angegeben.



Seit Cook ist allgemein in Gebrauch ein nach Nairne (s. S. 676) eingerichtetes Seebarometer, welches nach allen Richtungen frei beweglich aufgehangen wird (s. nächstfolgende Figur). Das Ganze ist ein Gefäßbarometer mit einem

*) Lichtenberg's Magazin. Bd. I. 3. 80.



hölzernen Gefäße, unten mit einem ledernen Beutel und einer Schraube nach Ramsden versehen, um das Niveau damit zu berichtigen, die Röhre in einen hölzernen Cylinder eingeschlossen, welcher gegen Beschädigungen schützt. Die Luft erhält den Zugang nur durch die Poren des hölzernen Gefäßes, wodurch zugleich der Verschüttung des Quecksilbers vorgebeugt ist. Von der Glasröhre haben nur die oberen 6 Zolle die Weite eines gewöhnlichen Barometers, der übrige Theil aber ist nur etwa 0,5 Lin. im Lichten weit, so daß das Quecksilber bei den Schwankungen des Schiffes mit großer Schnelligkeit und mit Ueberwindung einer bedeutenden Adhäsion den engen Canal durchlaufen muß, um in der weiten Röhre zu steigen oder zu fallen, wodurch seine Oscillationen bedeutend geschwächt werden. Von der Röhre selbst sind nur wenige Zoll sichtbar, da mit Ausnahme höchst seltener Fälle der Barometerstand auf der See sich wenig ändert und selten unter 26 Zoll sinkt. Die Scale ist in kleine Theile getheilt und wird bei diesem Barometer am besten auf die Röhre selbst geätzt, da sich kein Nonius anbringen läßt. Das Barometer wird in gehöriger Entfernung von der Wand etwas über seinem Schwerpunkte zwischen zwei Ringen frei schwebend aufgehangen, und zugleich ist sein oberes Ende mit einem soliden messingenen Knopfe versehen, wodurch dasselbe die Eigenschaft eines langen Pendels erhält und der bedeutenden Schleuderungen des Schiffes ungeachtet keine gleichzeitigen und gleichmäßigen Bewegungen mit demselben annimmt. Von Zeit zu Zeit tritt ein Stillstand ein, während dessen man die Beobachtung anstellen kann; sonst nimmt man aus den während der Oscillationen gemachten Beobachtungen das Mittel. Die Oscillationen betragen übrigens selten über einen halben Zoll.

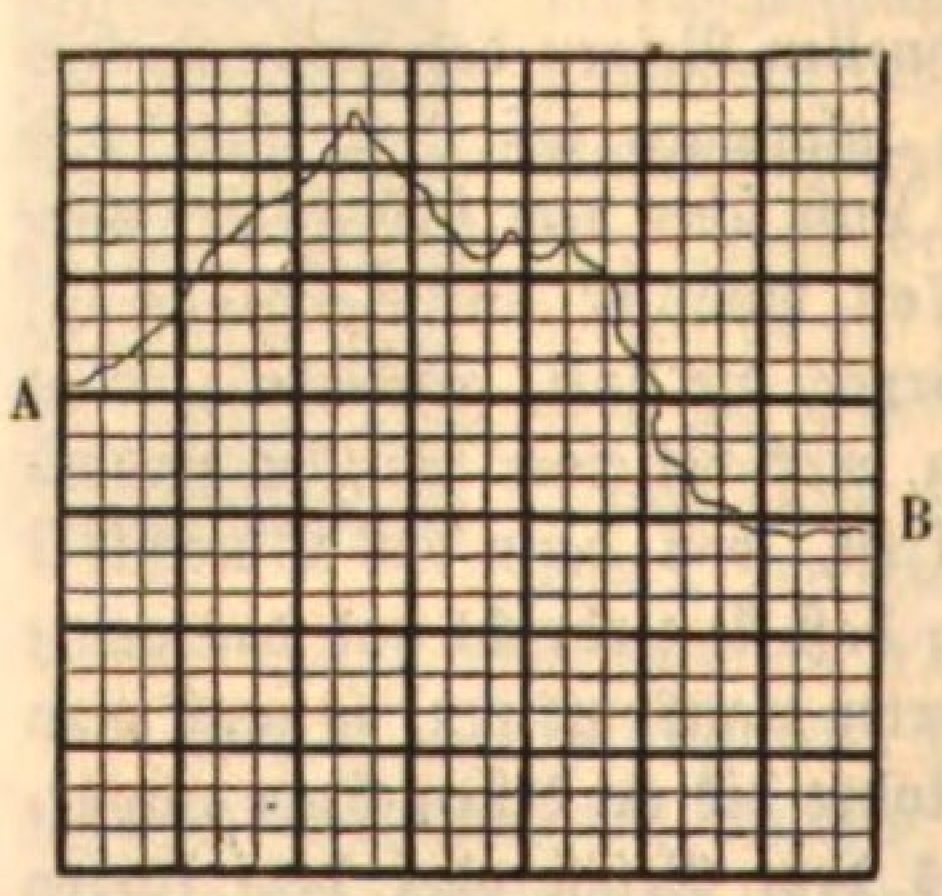
Die Güte eines Barometers hängt besonders davon ab, daß sich in der Torricelli'schen Leere keine Luft befindet. Um zu untersuchen, ob dieses der Fall ist, darf man nur das Barometer so neigen, daß die Quecksilbersäule bis zur obersten Spitze der Glasröhre emporsteigt. Bleibt hier ein Raum, den das Quecksilber nicht einzunehmen vermag, so ist Luft in der Kammer, welche durch ihre eigene Elasticität dem Drucke der äußeren Luft entgegenwirkt und natürlich desto nachtheiliger wirkt, je größer ihre Quantität ist. Wenn man beim schnellen Neigen des Instrumentes das Quecksilber an den Verschluß der Glasröhre anschlagen läßt, so giebt das Glas einen hellen, metallischen Ton, sobald keine Luft über dem Quecksilber vorhanden, während, wenn dieses der Fall ist, der Ton dumpfer und klangloser ist, weil dann der Stoß gegen einen sehr elastischen Körper, die Luft, geschieht. Man darf dieses Anschlagen nicht zu stark geschehen lassen, was bei einer schnellen unvorsichtigen Wendung des Instrumentes leicht der Fall ist, weil dann das Quecksilber mit solcher Gewalt an die Glasröhre oben anschlägt, daß sie zerbricht und das ganze Instrument verdorben wird. Will man ein Barometer transportiren, so muß man es vorsichtig so umlegen, daß das Quecksilber im Rohre bis an dessen Ende emporsteigt, und zugleich vermeiden, daß Quecksilber aus dem Gefäß oder dem kurzen Schenkel ausläuft. Das Tragen muß so geschehen, daß das Quecksilber nicht hin und her schwankt, man muß also das letztere so abzuschließen suchen, daß es nicht

schwanken kann. Bei den zum Transport bestimmten Instrumenten sind zu diesem Behuf eigene Vorrichtungen getroffen.

Beim Gebrauche des Heberbarometers hat man die Unannehmlichkeit, daß sich in dem kürzeren Schenkel immer nach kurzer Zeit Quecksilberoxyd bildet, welches an die Röhre sich anhängt. Bei einigen Glassorten ist diese Anhängung stärker als bei anderen. Man muß hier stets ein Stäbchen bei der Hand haben, dessen unteres Ende mit weichem Leder überzogen und ziemlich so dick wie die Röhre weit ist, um mit demselben die Röhre (nachdem man das Instrument so weit als nöthig geneigt hat, so daß das Quecksilber in das Vacuum hinaufsteigt) auszuwischen. Das Stäbchen läßt man oben locker mit Papier umwickelt, nachdem man es in die Höhe gezogen, im offenen Schenkel des Instrumentes stecken, um einen nicht luftdichten, aber den Staub abhaltenden Verschluß zu haben. Jedes Instrument muß, wenn man es beobachtet, genau in senkrechter Richtung hängen. Einige frei aufgehängte Barometer, wie z. B. das von Fortin, nehmen von selbst die senkrechte Stellung an; wo dieses nicht der Fall ist, muß die Stellung auf die gebräuchliche Weise mittelst des Senkbleies hergestellt und berichtigt werden. Bei Benutzung des Barometers zu Höhenmessungen muß man, im Fall das Barometer nicht mit einem Gestelle versehen ist, wie das Fortin'sche, einen Haken mit einer Holzschraube bei sich führen, den man an einen Baum oder Stock einschrauben und woran man das Barometer aufhängen kann.

In der Regel ist die Quecksilberoberfläche kugelförmig gebogen (s. S. 663 u. d. Folg.). Man mißt dann nach der Berührungsebene an den höchsten Punkt dieser gekrümmten Fläche. Bevor man die Beobachtung anstellt, muß man durch einige sanfte Stöße das Instrument erschüttern, damit das Quecksilber ungehindert von der Adhäsion an das Glas seinen Stand annehmen kann.

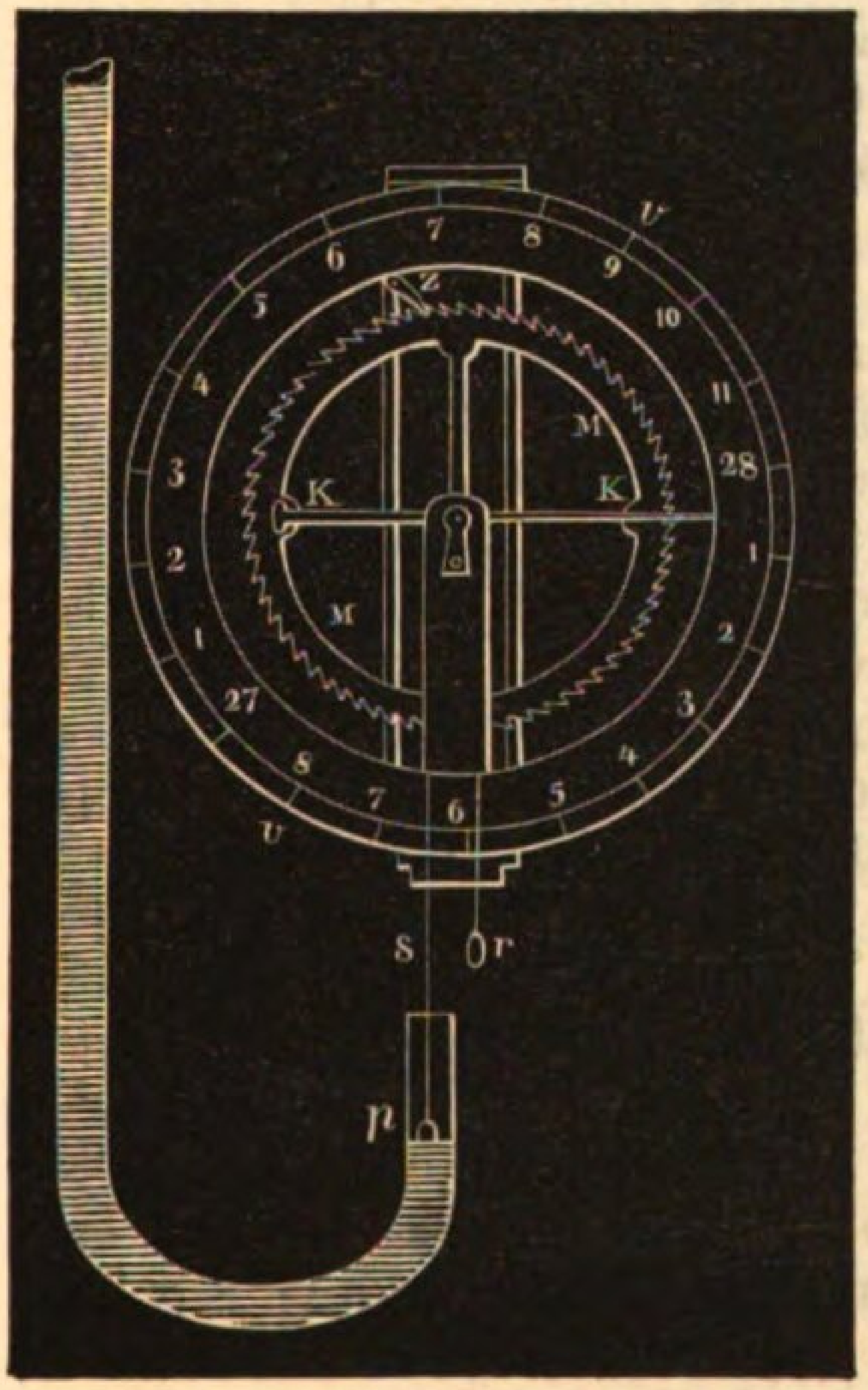
Um sich die Mühe des Selbstbeobachtens ersparen zu können, hat man Vorrichtungen ersonnen, bei denen sich der Stand des Barometers von selbst verzeichnet, die aber niemals scharfe Beobachtungen gewähren. Ein solches Instrument ist der Barometrograph (v. d. griech. γράφειν, schreiben) von Changeux *). Dieser besteht aus einem Heberbarometer nach Hooke's Einrichtung, in dessen kürzerem Schenkel ein elfenbeinerner Cylinder auf dem Quecksilber schwimmt und daher beim Fallen und Steigen des Barometers abwechselnd gehoben wird oder herabsinkt. In dem elfenbeinernen Cylinder ist ein Draht befestigt, welcher aus dem Ende des Schenkels hervorragt und oben einen quer in ihm befestigten Bleistift trägt. Vor diesem wird durch eine Uhr ein Cylinder mit der von Musschenbroeck **) vorgeschlagenen Tabelle (s. nebenstehende Figur; die Curve AB bezeichnet das Steigen und Fallen des Barometers) umgeben alle Tage einmal um seine Axe herumgedreht, und so muß der Bleistift den jedesmaligen Barometerstand von selbst in diese einzeichnen. Weil aber die Spitze desselben sich abnutzt, leicht abbricht und einen



*) Journ. de phys. T. XVI. p. 325. — Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. I. S. 911.
**) Dissert. phys. Lugd. 1729. 4. p. 673.

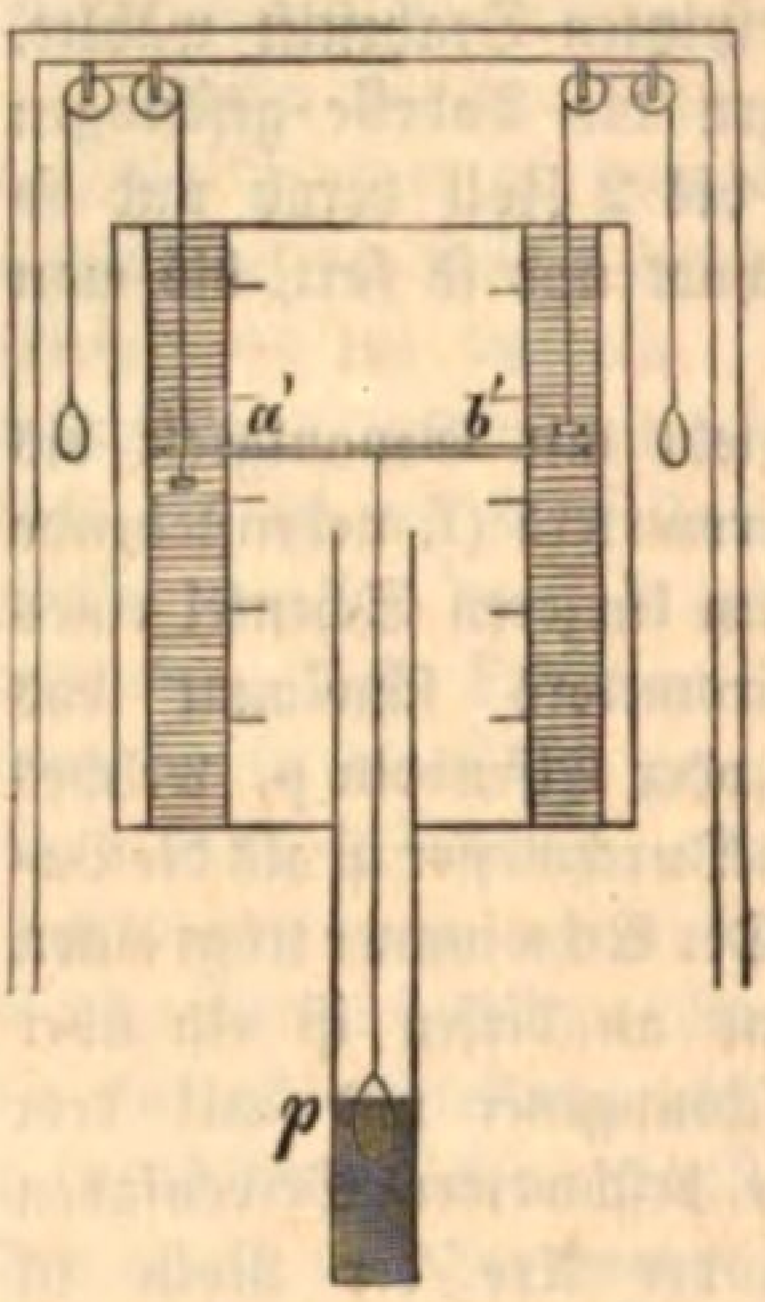
zu starken Druck zum Schreiben erfordert, so änderte Changeux diese Vorrichtung dahin ab, daß er statt desselben einen etwas zugespitzten Drahtstift wählte, welcher alle Stunden durch einen kleinen Hammer gegen die Tabelle geschlagen wurde. Nach 24 Stunden sank der Cylinder um 1 bis 2 Zoll herab und so wurde über dem eingezeichneten Striche ein zweiter verzeichnet und so fort, bis man einen neuen Ueberzug über den Cylinder schob.

Eine andere Vorrichtung von Landriani *) giebt mit Genauigkeit bis auf $^1/_{12}$ Lin. die höchsten und niedrigsten Stände des Barometers (s. nebenstehende Figur). Auf dem kürzeren Schenkel eines guten Heberbarometers schwimmt das Stückchen Holz oder Elfenbein p, welches etwas kleiner im Durchmesser ist als die Barometerröhre. Der Schwimmer trägt einen Eisendraht s und an diesen ist ein über eine Rolle geschlungener und mit dem Gegengewichte r beschwerter Seidenfaden gebunden. An der Axe der Rolle ist das sehr leichte messingene Rad MM befestigt, welches genau balancirt, gezahnt und mit dem Zeiger KK versehen ist. Der Zeiger zeigt den Stand des Barometers, das gezahnte Rad aber bewegt sich unter dem leichten stählernen Hebel z, welcher ihm zwar das Herumdrehen nach einer Seite verstattet, aber nicht den Rückgang; und auf diese Weise zeigt von zwei Barometern, je nachdem die Richtung der Zähne des Rades und des sperrenden Hebels verschieden ist, das eine den höchsten, das andere den niedrigsten Stand.

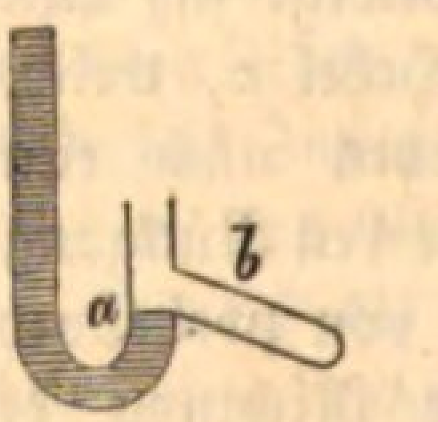


Man sieht leicht, daß es sehr einfach sein würde, nach Muncke **) auf beiden Seiten des Rades zwei, von demselben getrennte, genau balancirte, durch geringe Reibung aber feststehende Zeiger zu befestigen und durch Stifte an beiden Seiten des Rades nach entgegengesetzten Seiten bewegen zu lassen, um an demselben Barometer zugleich den höchsten und den niedrigsten Stand zu messen. Die einzige auf jeden Fall nur durch erfahrungsmäßige Berichtigung zu überwindende Schwierigkeit besteht darin, die Abtheilungen der äußern getheilten Scheibe vv so zu machen, daß sie dem Stande des Barometers in Zollen und Theilen des Zolls genau entsprechen. Dieses könnte viel leichter noch durch Semple's ***) absence-barometer (Abwesenheitsbarometer) erreicht werden (s. die nachfolgende Figur), oder ist vielmehr durch dasselbe gegeben, wenn man annimmt, daß der in der Figur nicht gezeichnete Schenkel des Barometers mit demjenigen völlig gleiche Weite

*) Brugnat. Giorn. T. X. p. 54. Gehler a. a. O. S. 912.
**) Gehler a. a. O.
***) Brugnat. Giorn. T. X. p. 54. Gehler a. a. O.



hätte, auf welchem der Schwimmer ruht, oder daß man den Unterschied des oberen weiten Cylinders und des offenen Schenkels in die Scale corrigirte. Uebrigens ergiebt sich die Construction dieses selbstregistrirenden Barometers aus der Zeichnung von selbst, indem man leicht wahrnimmt, daß der Schwimmer p einen Stift und dieser den horizontalen Draht a' b' trägt, dessen Enden rechts beim Steigen, links beim Fallen leichte Schieber bewegen und auf dem höchsten oder niedrigsten erreichten Punkte stehen lassen. Bei der gegenwärtig erforderlichen Genauigkeit der Beobachtungen sind alle solche Vorrichtungen unnütz, es sei denn, daß man wissen wollte, ob bei ungewöhnlichen Veränderungen bei Nacht noch ein Steigen oder Fallen des Barometers erfolgt sei. — Da es der Fall sein kann, daß der Physiker in einer bedeutenden Höhe oder Tiefe die Beobachtung nicht selbst anstellen kann, so hat Changeux*) zwei Barometer vorgeschlagen, das eine zum Messen unzugänglicher Tiefen, das andere zum Selbstmessen der Höhen. Beide sind Heberbarometer, ersteres mit einer oben, letzteres mit einer unten angebrachten, seitwärts gehenden Röhre (s. beistehende Figur). Sinkt das



Quecksilber, so fällt so viel in die Röhre b, daß das ursprüngliche Niveau bei a wiederhergestellt wird. Ebenso ist es beim Steigen desselben. Wird das Barometer wieder an den ersten Beobachtungsort gebracht, so zeigt die Menge des ausgelaufenen Quecksilbers den Unterschied der Längen der Quecksilbersäulen und hiernach die Höhen.

Ein geschickter Glasbläser, Geißler in Bonn, hat, wie Bischof**) berichtet, ein Maximum-Barometer und ein Minimum-Barometer hergestellt, welches die Eigenthümlichkeit hat, daß es die Veränderungen im Luftdrucke hörbar macht. Das Maximum-Barometer ist im Wesentlichen ein oben in die Torricelli'sche Leere eines zweiten Barometers mündendes Gefäßbarometer. Das beim Steigen des Barometers auslaufende Quecksilber fällt in Tropfen herab, welche einen metallisch schallenden Ton erzeugen. Das Minimumbarometer dagegen ist im Wesentlichen ein Heberbarometer, aus dessen kürzerem Schenkel das Quecksilber beim Sinken des Instrumentes in Tropfen ausläuft, und da hier die Tropfen in einem lufterfüllten Raume fallen, so ist ihr Klang dumpf und kaum hörbar, doch wird derselbe durch ein trichterartiges Gefäß aufgefangen, welches von den fallenden Tropfen erschüttert und an die Wände des zur endlichen Aufnahme des Quecksilbers bestimmten Gefäßes angeschlagen wird, so daß ein klirrender Ton sich ausbildet. Das Ganze ist und bleibt aber eine Spielerei ohne wissenschaftlichen Werth, weil, wie günstig sich auch Bischof über dasselbe ausspricht, die ganze Vorrichtung zu wenig bewährt ist, um zuverlässig zu sein, weil die Reinhaltung des circulirenden Quecksilbers unmöglich und das Instrument also im

*) Journ. de Phys. T. XXII. p. 387.
**) Pogg. Ann. Bd. LX. S. 357.

hohen Grade vergänglich ist, d. h. nach kurzer Zeit unbrauchbar werden muß, wenn es auch gelungen wäre, dasselbe ursprünglich fehlerfrei herzustellen. Beide Instrumente, wie vorgeschlagen, mit einer selbstregistrirenden Vorrichtung zu verbinden, ähnlich dem Apparate von Changeux, wäre vollkommen absurd, da man im glücklichsten Falle nichts erreichte, als daß man durch Combination zweier complicirten Apparate mit einem Uhrwerke eine Vorrichtung herstellte, welche dieselben Mängel hätte, die das zehnmal einfachere Instrument von Changeux hat.

In neuester Zeit hat G. A. Schultze *) ein selbstregistrirendes Barometer angegeben, welches eine Verbesserung des oben (S. 698) beschriebenen Barometrographs von Changeux, aber noch complicirter als dieser, und daher noch weniger brauchbar ist. Vom Schwimmer geht ein Faden um eine Rolle, welche den Zeiger in Bewegung setzt, durch den die Notirung des Barometerstandes geschieht. Die Rolle ist aus zwei verschiedenen Metallen zusammengesetzt, um eine Compensation zu erhalten, durch welche die störenden Einflüsse der Temperaturveränderung auf den Gang der Vorrichtung unschädlich gemacht werden sollen.

Nachdem man am Barometer die Beobachtung gemacht hat, ist es noch nöthig, verschiedene Correcturen vorzunehmen. Zunächst ist von großem Einfluß auf die jedesmalige Länge der Säule außer der Schwere der Luft die Temperatur, in welcher sich das Barometer während der Beobachtung befindet. Wie alle Körper dehnt sich auch das Quecksilber durch die Wärme aus, auf welcher Eigenschaft desselben seine Benutzung zur Herstellung von Thermometern beruht. Da man nun durch das Barometer allein die Schwere der Luft erkennen will, so ist es nöthig, daß man den Einfluß, welchen die Wärme auf die Länge der Quecksilbersäule hat, berechne und das Resultat von dem der unmittelbaren Beobachtung der Länge der Quecksilbersäule abziehe oder zu demselben hinzusetze.

Jedes gute Barometer muß daher mit einem Thermometer versehen sein, welches so nahe als möglich an die Barometerröhre angebracht ist. Vollkommen genau giebt nur ein in das Quecksilber des Barometers selbst getauchtes Thermometer die Temperatur des Quecksilbers an **). Durch Dulong und Petit ist die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme genau gefunden worden, gleich 0,0180180, welches $= \frac{1}{5550}$ für 1^0 C.; $\frac{1}{4440}$ für 1^0 R.; $\frac{1}{9990}$ für 1^0 F. ***).

*) Pogg. Ann. Bd. LXXVI. S. 604.

**) Kämtz bemerkt in seiner Abhandlung von den Schwankungen des Barometers, Meteorologie Bd. I. S. 230 ff., daß nach seinen Beobachtungen und nach denen von Friedrich Hoffmann das Barometer ungleich schwerer seine Temperatur ändere als das Thermometer, daher man leicht zu unrichtigen Resultaten komme, wenn man bei der Reduction des Barometerstandes auf eine bestimmte Normaltemperatur von der Voraussetzung ausgehe, daß das Quecksilber des Barometers genau dieselbe Temperatur habe wie das des Thermometers. Die Ursache dieser Verschiedenheit liegt in der größeren Quantität des Quecksilbers im Barometer und in der sonstigen Einrichtung desselben verglichen mit dem Thermometer. Bei diesem sind alle Vorkehrungen getroffen, daß sich die Wärme dem Quecksilber so schnell als möglich mittheile, seine kleinere Masse Quecksilber ist schneller gleichmäßig erwärmt und erkältet als die größere des Barometers. Bei Gefäßbarometern ist es leicht (wie bei dem von Romershausen), die Kugel des Thermometers in das Quecksilber des Barometers selbst einzutauchen, wodurch wenigstens zum großen Theil der eben gerügte Uebelstand sich heben läßt.

***) Vergl. d. Art. Ausdehnung des Quecksilbers, S. 589 dieses Bandes.

Es ist nun nothwendig, die Barometerbeobachtungen auf eine bestimmte Temperatur zu reduciren, auf welche, ist an sich gleichgültig, muß aber jedesmal bestimmt angegeben werden. Gewöhnlich pflegt man auf 0° zu reduciren. Bezeichnet b den bei einer Temperatur t beobachteten Barometerstand, b' den Barometerstand bei einer Temperatur t', und soll der Barometerstand b auf diese Temperatur t' reducirt werden, so ist

für das hunderttheilige Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{5550}[t'-t]\right)$,

für das Reaumur'sche Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{4440}[t'-t]\right)$,

für das Fahrenheit'sche Thermometer: $b' = b\left(1 + \frac{1}{9990}[t'-t]\right)$.

Geschieht die Reduction auf den Gefrierpunkt, ist also $t' = 0$, so ist

für das hunderttheilige Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{5550}t\right)$,

für das Reaumur'sche Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{4440}t\right)$,

für das Fahrenheit'sche Thermometer: $b' = b\left(1 - \frac{1}{9990}t\right)$.

Gesetzt, der Barometerstand sei 333''',5, das Thermometer stehe auf 20° R., so wird $b' = 333''',5\left(1 - \frac{1}{5550}.20\right) = 333''',5 - 1''',5 = 332''',0$. Wäre dagegen die Temperatur —20° R. gewesen, so wäre $b' = 333''',5\left(1 + \frac{1}{5550}.20\right) = 333''',5 + 1''',5 = 335''',0$. Um die jedesmalige Rechnung bei der Reduction zu ersparen, sind Tafeln berechnet worden, welche für jeden beliebigen Stand des Barometers und Thermometers die zu subtrahirenden oder zu addirenden Größen enthalten. Solche Tafeln sind berechnet von Schlögl*), Winkler**) und Weiße***), jedoch mit übertriebener Genauigkeit. Eine kurze derartige Tabelle bis zu Temperaturdifferenzen von 10° und für Barometerhöhen von 200m bis 350m hat Kämtz †) veröffentlicht. Für Millimeter und hunderttheilige Grade theilt Muncke folgende Tabelle mit, zur Reduction des Barometerstandes auf 0° C.

---

*) Schlögl, tabulae pro reductione quorumvis statuum barometri. Monach. 1787. 4.

**) C. L. G. Winkler, Tafeln um Barometerstände rc. auf jede beliebige Normaltemperatur zu reduciren. Halle 1820. 4.

***) Weisse, Tafel zur Reduction der Barometerhöhen.

†) Repertor. von Brandes. Art. Barometer. — Kastner's Meteorologie. Bd. III. S. 292.

Barometerstand in Millim.	Temperatur							
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	0,072	0,144	0,216	0,288	0,360	0,432	0,504	0,577
410	0,074	0,148	0,221	0,295	0,369	0,443	0,516	0,591
420	0,076	0,152	0,227	0,302	0,378	0,454	0,529	0,606
430	0,078	0,155	0,232	0,309	0,387	0,465	0,540	0,620
440	0,079	0,158	0,238	0,316	0,396	0,476	0,554	0,635
450	0,081	0,162	0,243	0,324	0,405	0,486	0,567	0,649
460	0,083	0,166	0,248	0,331	0,414	0,497	0,580	0,663
470	0,085	0,170	0,254	0,338	0,423	0,508	0,593	0,678
480	0,087	0,173	0,259	0,345	0,432	0,519	0,605	0,692
490	0,088	0,176	0,264	0,352	0,441	0,530	0,618	0,707
500	0,090	0,180	0,270	0,360	0,450	0,540	0,630	0,721
510	0,092	0,184	0,275	0,367	0,459	0,551	0,642	0,735
520	0.094	0,188	0,281	0,373	0,468	0,562	0,655	0,750
530	0,096	0,191	0,287	0,380	0,477	0,573	0,667	0,764
540	0,098	0,194	0,292	0,387	0,486	0,584	0,680	0,779
550	0,099	0,198	0,297	0,396	0,496	0,594	0,693	0,793
560	0,101	0,202	0,302	0,403	0,504	0,605	0,705	0,807
570	0,103	0,206	0,308	0,410	0,513	0,616	0,718	0,822
580	0,105	0,209	0,313	0,418	0,522	0,627	0,730	0,836
590	0,106	0,212	0,319	0,425	0,531	0,638	0,743	0,850
600	0,108	0,216	0,324	0,432	0,540	0,648	0,757	0,865
610	0,110	0,220	0,330	0,439	0,549	0,659	0,769	0,879
620	0,112	0,224	0,335	0,446	0,558	0,670	0,781	0,894
630	0,115	0,227	0,341	0,454	0,567	0,681	0,794	0,908
640	0,116	0,230	0,346	0,461	0,576	0,692	0,807	0,922
650	0,117	0,234	0,351	0,469	0,585	0,702	0,819	0,937
660	0,119	0,238	0,356	0,476	0,594	0,713	0,831	0,951
670	0,121	0,241	0,362	0,484	0,603	0,724	0,844	0,966
680	0,123	0,245	0,367	0,491	0,612	0,735	0,856	0,980
690	0,124	0,249	0,373	0,498	0,621	0,746	0,869	0,995
700	0,126	0,252	0,378	0,505	0,631	0,757	0,883	1,009
710	0,128	0,256	0,383	0,512	0,640	0,768	0,896	1,023
720	0,130	0,259	0,389	0,520	0,649	0,779	0,908	1,038
730	0,132	0,263	0,394	0,527	0,658	0,790	0,921	1,052
740	0,134	0,267	0,400	0,534	0,667	0,800	0,933	1,067
750	0,135	0,270	0,405	0,541	0,676	0,811	0,946	1,081
760	0,137	0,274	0,410	0,548	0,685	0,822	0,959	1,095
770	0,139	0,277	0,416	0,556	0,694	0,833	0,971	1,110
780	0,141	0,281	0,421	0,563	0,703	0,844	0,984	1,124
790	0,143	0,284	0,427	0,570	0,712	0,855	0,997	1,139

Barometerstand in Millim.	Temperatur.							
	9⁰	10⁰	11⁰	12⁰	13⁰	14⁰	15⁰	16⁰
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	0,649	0,721	0,793	0,865	0,937	1,009	1,081	1,153
410	0,665	0,739	0,813	0,886	0,960	1,034	1,108	1,182
420	0,681	0,757	0,833	0,908	0,984	1,059	1,135	1,211
430	0,697	0,775	0,853	0,930	1,007	1,084	1,162	1,240
440	0,714	0,793	0,873	0,952	1,030	1,109	1,189	1,269
450	0,730	0,811	0,892	0,973	1,054	1,135	1,216	1,297
460	0,746	0,829	0,912	0,994	1,077	1,160	1,243	1,326
470	0,762	0,847	0,932	1,016	1,100	1,185	1,270	1,355
480	0,778	0,865	0,952	1,038	1,123	1,210	1,297	1,383
490	0,795	0,883	0,972	1,060	1,147	1,235	1,326	1,412
500	0,811	0,901	0,991	1,081	1,171	1,261	1,351	1,441
510	0,827	0,919	1,011	1,102	1,194	1,286	1,378	1,470
520	0,843	0,937	1,031	1,124	1,218	1,311	1,405	1,499
530	0,860	0,955	1,051	1,146	1,241	1,336	1,432	1,528
540	0,876	0,973	1,071	1,168	1,264	1,361	1,459	1,557
550	0,892	0,991	1,090	1,189	1,288	1,387	1,486	1,586
560	0,908	1,009	1,110	1,210	1,311	1,412	1,513	1,615
570	0,924	1,027	1,130	1,232	1,334	1,437	1,540	1,644
580	0,940	1,045	1,150	1,253	1,358	1,462	1,567	1,673
590	0,956	1,063	1,170	1,275	1,382	1,487	1,594	1,702
600	0,973	1,081	1,189	1,297	1,405	1,513	1,621	1,730
610	0,989	1,099	1,209	1,318	1,428	1,538	1,648	1,759
620	1,005	1,117	1,229	1,340	1,451	1,563	1,675	1,788
630	1,022	1,135	1,249	1,362	1,474	1,588	1,702	1,817
640	1,038	1,153	1,269	1,383	1,498	1,613	1,729	1,846
650	1,054	1,171	1,288	1,405	1,522	1,639	1,756	1,875
660	1,070	1,189	1,308	1,426	1,545	1,664	1,783	1,904
670	1,086	1,207	1,328	1,448	1,569	1,689	1,810	1,933
680	1,103	1,225	1,348	1,470	1,592	1,714	1,837	1,962
690	1,119	1,243	1,368	1,492	1,616	1,740	1,864	1,991
700	1,135	1,261	1,387	1,514	1,640	1,766	1,892	2,019
710	1,151	1,279	1,407	1,536	1,663	1,791	1,919	2,048
720	1,167	1,297	1,427	1,557	1,687	1,816	1,946	2,077
730	1,183	1,315	1,447	1,580	1,710	1,841	1,973	2,106
740	1,200	1,333	1,467	1,600	1,733	1,866	2,000	2,134
750	1,216	1,351	1,486	1,622	1,757	1,892	2,027	2,163
760	1,232	1,379	1,506	1,644	1,780	1,917	2,054	2,192
770	1,249	1,397	1,526	1,665	1,804	1,942	2,081	2,221
780	1,265	1,405	1,546	1,687	1,827	1,967	2,108	2,250
790	1,280	1,423	1,566	1,708	1,850	1,992	2,135	2,289

Barometerstand in Millim.	Temperatur							
	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	1,225	1,297	1,369	1,441	1,513	1,585	1,657	1,729
410	1,255	1,330	1,403	1,477	1,551	1,624	1,698	1,772
420	1,286	1,362	1,437	1,513	1,589	1,664	1,740	1,815
430	1,316	1,395	1,471	1,549	1,627	1,703	1,781	1,859
440	1,347	1,427	1,515	1,585	1,664	1,743	1,822	1,902
450	1,378	1,459	1,540	1,621	1,703	1,782	1,864	1,946
460	1,409	1,491	1,574	1,657	1,740	1,822	1,906	1,989
470	1,440	1,524	1,608	1,693	1,777	1,862	1,948	2,032
480	1,470	1,556	1,642	1,729	1,815	1,901	1,989	2,075
490	1,500	1,589	1,676	1,765	1,853	1,941	2,030	2,118
500	1,531	1,621	1,711	1,802	1,891	1,981	2,071	2,161
510	1,561	1,653	1,745	1,838	1,929	2,021	2,112	2,204
520	1,592	1,686	1,779	1,874	1,967	2,060	2,154	2,247
530	1,623	1,718	1,813	1,910	2,005	2,100	2,195	2,291
540	1,653	1,751	1,847	1,946	2,043	2,140	2,237	2,334
550	1,684	1,783	1,882	1,982	2,080	2,179	2,278	2,377
560	1,715	1,816	1,916	2,018	2,119	2,219	2,320	2,421
570	1,746	1,848	1,950	2,054	2,156	2,258	2,361	2,464
580	1,777	1,871	1,984	2,090	2,194	2,298	2,403	2,507
590	1,807	1,903	2,019	2,126	2,232	2,338	2,444	2,551
600	1,838	1,946	2,054	2,162	2,270	2,378	2,486	2,594
610	1,869	1,978	2,089	2,198	2,307	2,417	2,527	2,637
620	1,900	2,011	2,123	2,234	2,345	2,457	2,568	2,680
630	1,930	2,043	2,157	2,270	2,383	2,497	2,610	2,724
640	1,960	2,076	2,191	2,306	2,421	2,536	2,651	2,767
650	1,991	2,108	2,225	2,342	2,459	2,576	2,692	2,810
660	2,022	2,140	2,259	2,378	2,496	2,616	2,734	2,854
670	2,053	2,173	2,294	2,414	2,534	2,655	2,776	2,897
680	2,084	2,206	2,328	2,450	2,572	2,695	2,818	2,941
690	2,114	2,238	2,362	2,486	2,610	2,734	2,859	2,984
700	2,145	2,271	2,397	2,523	2,648	2,774	2,900	3,027
710	2,176	2,303	2,431	2,560	2,686	2,813	2,941	3,070
720	2,206	2,336	2,465	2,596	2,723	2,853	2,983	3,113
730	2,237	2,368	2,498	2,632	2,761	2,892	3,024	3,157
740	2,268	2,400	2,533	2,668	2,799	2,932	3,065	3,200
750	2,298	2,433	2,568	2,702	2,837	2,972	3,107	3,244
760	2,329	2,466	2,602	2,738	2,875	3,012	3,148	3,287
770	2,360	2,500	2,636	2,774	2,913	3,052	3,190	3,330
780	2,390	2,532	2,671	2,810	2,951	3,091	3,231	3,373
790	2,420	2,564	2,705	2,846	2,989	3,131	3,273	3,417

Barometerstand in Millim.	Temperatur							
	25⁰	26⁰	27⁰	28⁰	29⁰	30⁰	31⁰	32⁰
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
400	1,801	1,873	1,945	2,017	2,089	2,162	2,234	2,306
410	1,846	1,920	1,993	2,067	2,141	2,216	2,290	2,363
420	1,891	1,967	2,042	2,118	2,193	2,270	2,346	2,421
430	1,936	2,014	2,090	2,168	2,246	2,324	2,402	2,479
440	1,981	2,060	2,139	2,219	2,298	2,378	2,458	2,536
450	2,026	2,107	2,188	2,269	2,350	2,432	2,513	2,594
460	2,071	2,154	2,236	2,319	2,402	2,486	2,569	2,652
470	2,116	2,200	2,285	2,370	2,454	2,540	2,625	2,709
480	2,161	2,247	2,333	2,420	2,507	2,594	2,681	2,767
490	2,206	2,294	2,382	2,471	2,559	2,648	2,737	2,824
500	2,251	2,341	2,431	2,521	2,612	2,702	2,792	2,882
510	2,296	2,388	2,480	2,571	2,664	2,756	2,848	2,940
520	2,341	2,435	2,528	2,622	2,716	2,810	2,904	2,997
530	2,386	2,482	2,577	2,672	2,769	2,864	2,960	3,055
540	2,431	2,529	2,625	2,723	2,822	2,918	3,016	3,112
550	2,477	2,575	2,674	2,773	2,873	2,972	3,071	3,170
560	2,522	2,622	2,722	2,823	2,925	3,026	3,127	3,228
570	2,567	2,669	2,771	2,874	2,977	3,080	3,183	3,285
580	2,612	2,716	2,820	2,925	3,030	3,134	3,239	3,343
590	2,657	2,763	2,869	2,975	3,082	3,188	3,295	3,401
600	2,702	2,810	2,918	3,026	3,135	3,243	3,351	3,459
610	2,747	2,857	2,966	3,076	3,187	3,297	3,407	3,516
620	2,792	2,904	3,015	3,127	3,239	3,351	3,463	3,574
630	2,837	2,951	3,064	3,177	3,292	3,405	3,519	3,632
640	2,882	2,998	3,112	3,228	3,344	3,459	3,575	3,689
650	2,928	3,044	3,161	3,278	3,396	3,513	3,630	3,747
660	2,973	3,091	3,209	3,328	3,448	3,567	3,686	3,805
670	3,018	3,138	3,258	3,379	3,500	3,621	3,742	3,862
680	3,063	3,185	3,307	3,430	3,553	3,675	3,798	3,920
690	3,108	3,232	3,356	3,480	3,605	3,729	3,854	3,978
700	3,153	3,279	3,405	3,531	3,658	3,784	3,910	4,036
710	3,198	3,326	3,453	3,581	3,710	3,838	3,966	4,094
720	3,243	3,373	3,502	3,632	3,762	3,892	4,022	4,151
730	3,288	3,420	3,550	3,682	3,815	3,946	4,078	4,209
740	3,333	3,467	3,599	3,733	3,867	4,000	4,134	4,267
750	3,379	3,513	3,648	3,783	3,919	4,054	4,189	4,324
760	3,424	3,560	3,696	3,833	3,971	4,108	4,245	4,381
770	3,469	3,617	3,745	3,884	4,023	4,162	4,301	4,439
780	3,514	3,654	3,794	3,934	4,076	4,216	4,357	4,497
790	3,559	3,701	3,843	3,985	4,128	4,270	4,413	4,555

Der Gebrauch dieser Tabelle ist folgender: die oberste horizontale Linie enthält die Grade des Thermometers von 0° bis 32° C.; die erste senkrechte Columne enthält die Barometerstände von 0m,400 bis 0m,800 von 10 zu 10 Millimetern. Sind die Barometerstände nach einem anderen Maße gegeben, so können sie vorher auf das Metermaß reducirt werden, wozu für das altfranzösische Maß die S. 669 angegebene Tabelle behülflich ist. Die durch den Einfluß der Temperatur erzeugte Verlängerung oder Verkürzung der Quecksilbersäule muß für alle Grade der Centesimalscale über 0° abgezogen, unter 0° aber zuaddirt werden. Ist der Barometerstand nur bis auf Centimeter angegeben, so giebt die Tabelle die Correction unmittelbar. Ist z. B. der Barometerstand 0m,75, der Thermometerstand 15° C., so sucht man die Zahl, welche zugleich in der Querspalte 750 und in der senkrechten Spalte 15° steht: 2,027, also ist der corrigirte Barometerstand = 0m,75 — 0m,002027 = 0,747973; wäre dagegen der Barometerstand = 0m,72 und der Thermometerstand = — 2° C. angegeben, so wäre der corrigirte Barometerstand = 0m,72 + 0m,000259 = 0m,720259. — Stehen die gegebenen Barometerhöhen nicht unmittelbar in der Tafel, so nimmt man, ohne einen nur irgend bedeutenden Fehler zu begehen, diejenige Correctur, welche dem Barometerstande entspricht, der dem beobachteten am nächsten kommt. — Da sich indeß durch die Wärme nicht bloß das Quecksilber, sondern auch das Material, aus welchem die Scale verfertigt ist, ausdehnt, so muß auch hierauf Rücksicht genommen werden. Muncke*) berechnet nun, daß, wenn man nach Horner die Ausdehnung des Glases zwischen dem Gefrier- und Siedepunkte des Wassers = 0,000921 und die des Messings = 0,001903 annehme, man die nöthige Genauigkeit erreichen werde, wenn man bei auf Glas geätzter Scale von der berechneten oder aus der Tabelle entnommenen Correction nur 0,05 und bei messingener Scale 0,1 der Correction abziehe.

Kämtz erinnert mit Recht, daß dieses Verfahren nicht genau richtig ist, weil es bei der Scale nicht gleichgültig ist, auf welche Temperatur man dieselbe reducire. Vielmehr muß man für die Scale diejenige Temperatur als Normaltemperatur annehmen, bei welcher die Länge des entsprechenden Normalmaßes bestimmt wurde. Diese Normaltemperatur ist beim altfranzösischen Maße 13° R., beim neuen französischen Maße 0°, beim englischen Maße 62° F. Ist nun b der unmittelbar beobachtete Stand des Barometers, t seine Temperatur, T die Normaltemperatur, auf welche das Quecksilber reducirt wird, ϑ die Normaltemperatur des Maßstabes, endlich q und m die lineare Ausdehnung von Quecksilber und Scale für einen Grad des gebrauchten Thermometers, so wird die Größe der Correction

$$b.\ \frac{q\,(t-T) - m\,(t-\vartheta)}{1 + q\,(t-T)}.$$

Für Messing beträgt die lineare Ausdehnung zwischen den beiden Fundamentalpunkten des Thermometers 0,0018782 und für Quecksilber 0,018018. Schumacher**) hat hiernach Tafeln für die drei gebräuchlichsten Thermometer- und Barometerscalen berechnet. Ich theile dieselben hier mit.

---

*) Gehler a. a. O. S. 900.

**) Schumacher, Sammlung von Hülfstafeln. Neu herausg. und vermehrt von Warnstorff. Altona 1845. 8. Aehnliche, aber kürzere Tabellen theilt Kämtz mit: Meteorologie. Bd. I. S. 236 ff.

Tafel I. Reduction des altfranzösischen Barometers.

Die Reduction $= \frac{h.\ 0{,}0002252\ t - 0{,}00002348\ (t-13)}{1 + 0{,}0002252\ t}$. Die Scale des altfranzösischen Barometers enthält Par. Zoll und Linien, diese bilden die Ueberschrift der Tafel, zu oberst die Zolle, darunter die Linien; die Thermometerscale bei dem altfranzösischen Barometer ist nach Reaumur getheilt, die erste Columne der Tafel enthält daher Grade Reaumur von — 14 bis + 24. Die Angaben der Tafel für die Correctur sind nach Par. Linien ausgedrückt; das Zeichen + oder — über den Angaben deutet an, ob die Correctur zu dem beobachteten Barometerstande zu addiren oder von ihm zu subtrahiren sei.

26 Zoll.

Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81	0,81	0,82
13	72	73	73	73	73	74	74	74	74	75	75	75
12	66	66	67	67	67	67	68	68	68	68	68	69
11	60	60	60	60	61	61	61	61	61	62	62	62
10	54	54	54	54	54	54	55	55	55	55	55	55
9	47	47	48	48	48	48	48	48	48	49	49	49
8	41	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42
7	35	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36	36
6	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
5	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23	23
4	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3	09	09	09	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— 1	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+ 1	16	16	16	12	16	16	16	16	16	16	16	16
2	22	22	22	26	22	23	23	23	23	23	23	23
3	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
4	35	35	35	35	35	35	35	35	36	36	36	36
5	41	41	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42
6	47	47	48	48	48	48	48	48	48	49	49	49
7	54	54	54	54	54	54	55	55	55	55	55	55
8	60	60	60	60	61	61	61	61	61	62	62	62
9	66	66	67	67	67	67	67	68	68	68	68	68
10	72	73	73	73	73	74	74	74	74	74	75	75
11	79	79	79	79	80	80	80	80	81	81	81	81
12	85	85	85	86	86	86	87	87	87	87	88	88
13	91	91	92	92	92	92	92	93	93	93	93	94
14	97	98	98	98	99	99	99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01
15	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	06	06	07	07	07
16	10	10	11	11	11	12	12	12	13	13	13	14
17	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20
18	22	23	23	24	24	24	25	25	26	26	26	27
19	29	29	29	30	30	31	31	32	32	32	33	33
20	35	35	36	36	37	37	38	38	38	39	39	40
21	41	42	42	42	43	43	44	44	45	45	46	46
22	47	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	53
23	54	54	55	55	56	56	57	57	57	58	58	59
24	1,60	1,60	1,61	1,61	1,62	1,62	1,63	1,63	1,64	1,64	1,65	1,65
Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

27 Zoll.

Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84	0,85
13	75	76	76	76	76	77	77	77	77	77	78	78
12	69	69	60	69	70	70	70	70	70	71	71	71
11	62	62	63	63	63	63	63	64	64	64	64	64
10	56	56	56	56	56	57	57	57	57	57	57	58
9	49	49	49	50	50	50	50	50	50	50	51	51
8	43	43	43	43	43	43	43	43	44	44	44	44
7	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37
6	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
5	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24	24	24
4	16	16	16	16	17	17	17	17	17	17	17	17
3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— 1	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	04	04
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+ 1	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
2	23	23	23	23	23	23	23	24	24	24	24	24
3	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31
4	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	38
5	43	43	43	43	43	43	43	43	44	44	44	44
6	49	49	49	50	50	50	50	50	50	50	51	51
7	56	56	56	56	56	56	57	57	57	57	57	57
8	62	62	63	63	63	63	63	63	64	64	64	64
9	69	69	69	69	69	70	70	70	70	71	71	71
10	75	75	76	76	76	76	77	77	77	77	77	78
11	82	82	82	82	83	83	83	83	84	84	84	84
12	88	89	89	89	89	89	90	90	90	91	91	91
13	95	95	95	96	96	96	96	97	97	97	98	98
14	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05
15	08	08	08	09	09	09	10	10	10	11	11	11
16	14	14	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18
17	21	21	21	22	22	22	23	23	24	24	24	25
18	27	27	28	28	29	29	29	30	30	31	31	31
19	34	34	34	35	35	36	36	36	37	37	38	38
20	40	40	41	41	42	42	43	43	43	44	44	45
21	47	47	47	48	48	49	49	50	50	51	51	51
22	53	53	54	54	55	55	56	56	57	57	58	58
23	59	60	60	61	61	62	62	63	63	64	64	65
24	1,66	1,66	1,67	1,67	1,68	1,68	1,69	1,70	1,71	1,71	1,71	1,72
Grade	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

28 Zoll.

Grade R.	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,88
13	78	79	79	79	79	79	80	80	80	80	80	81
12	71	72	72	72	72	72	72	73	73	73	73	74
11	65	65	65	65	65	65	66	66	66	66	66	67
10	58	58	58	58	58	59	59	59	59	59	59	60
9	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52	52	53
8	44	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45	46
7	37	37	38	38	38	38	38	38	38	38	38	39
6	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	32
5	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
4	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
— 1	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
0	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11
+ 1	17	17	17	17	17	17	17	17	17	18	18	18
2	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25
3	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	32	32
4	37	37	38	38	38	38	38	38	38	38	38	39
5	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45	45	46
6	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52	52	53
7	58	58	58	58	58	59	59	59	59	59	59	60
8	64	65	65	65	65	65	66	66	66	66	66	67
9	71	71	72	72	72	72	72	73	73	73	73	73
10	78	78	78	79	79	79	79	80	80	80	80	80
11	85	85	85	85	86	86	86	86	87	87	87	87
12	91	92	92	92	92	93	93	93	94	94	94	94
13	98	98	98	99	99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01
14	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	06	07	07	07	08	08	08
15	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15
16	18	19	19	19	20	20	20	21	21	22	22	22
17	25	25	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29
18	32	32	32	33	33	34	34	35	35	35	36	36
19	39	39	39	40	40	41	41	41	42	42	43	43
20	45	46	46	47	47	47	48	48	49	49	50	50
21	52	52	53	53	54	54	55	55	56	56	56	57
22	59	59	60	60	61	61	61	62	62	63	63	64
23	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71
24	1,72	1,73	1,73	1,74	1,74	1,75	1,75	1,76	1,76	1,77	1,77	1,78
Grade	0 Lin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tafel II. Reduction der Barometerhöhen in Millimetern.

Die Reduction = h. $\frac{(0{,}00018018 - 0{,}000018782)\,t}{1 + 0{,}00018018\,t}$. Die Scale des jetzt in Frankreich üblichen Barometers enthält Millimeter (= 0,001 Meter). Die Ueberschrift der Tafel giebt die abgelesenen Millimeter von 5 zu 5 Millimetern. Die Scale des Thermometers bei diesen Barometern enthält Centesimalgrade, diese sind in der ersten Columne enthalten von − 17° bis + 32°. Die Angaben der Tafel sind Millimeter und werden abgezogen von dem beobachteten Barometerstande, wenn − darüber steht, zu demselben addirt, wenn + darüber steht.

Grade C.	705mm	710mm	715mm	720mm	725mm	730mm	735mm	740mm
	+	+	+	+	+	+	+	+
−17°	1,94	1,95	1,97	1,98	1,99	2,01	2,02	2,04
16	1,83	1,84	1,85	1,87	1,88	1,90	1,90	1,92
15	1,71	1,72	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,80
14	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,67	1,68
13	1,48	1,49	1,50	1,51	1,53	1,54	1,55	1,56
12	1,37	1,38	1,39	1,40	1,40	1,42	1,43	1,44
11	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32
10	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
9	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,08
8	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96
7	0,80	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83	0,83	0,84
6	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	0,72
5	0,57	0,57	0,58	0,58	0,59	0,60	0,60	0,60
4	0,45	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,48	0,48
3	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36
2	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
− 1	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
	+	+	+	+	+	+	+	+
0								
	−	−	−	−	−	−	−	−
+ 1	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
2	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24
3	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36
4	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47	0,48
5	0,57	0,57	0,58	0,58	0,58	0,59	0,60	0,60
6	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	0,72
7	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84
8	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95
9	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06	1,06	1,07
10	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19
11	1,25	1,26	1,27	1,28	1,28	1,29	1,30	1,31
12	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,41	1,42	1,43
13	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55
14	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,66	1,67
15	1,70	1,71	1,73	1,74	1,75	1,76	1,78	1,79
16	1,82	1,83	1,84	1,85	1,87	1,88	1,89	1,91
17	1,93	1,94	1,96	1,97	1,98	2,00	2,01	2,02
18	2,04	2,06	2,07	2,08	2,10	2,11	2,13	2,14
19	2,16	2,17	2,19	2,20	2,22	2,23	2,25	2,26
20	2,27	2,28	2,30	2,32	2,33	2,35	2,36	2,38
21	2,38	2,40	2,41	2,43	2,45	2,47	2,48	2,50
22	2,49	2,51	2,53	2,55	2,56	2,58	2,60	2,62
23	2,61	2,63	2,64	2,66	2,68	2,70	2,72	2,74
24	2,72	2,74	2,76	2,78	2,80	2,82	2,84	2,85
25	2,83	2,85	2,87	2,89	2,91	2,93	2,95	2,97
26	2,94	2,97	2,99	3,01	3,03	3,05	3,07	3,09
27	3,06	3,08	3,10	3,12	3,14	3,17	3,19	3,21
28	3,17	3,19	3,21	3,24	3,26	3,28	3,30	3,33
29	3,28	3,31	3,33	3,35	3,38	3,40	3,42	3,45
30	3,40	3,42	3,44	3,47	3,49	3,52	3,54	3,56
31	3,51	3,53	3,56	3,58	3,61	3,63	3,66	3,68
32	3,62	3,65	3,67	3,70	3,72	3,75	3,77	3,80

Grade C.	745mm	750mm	755mm	760mm	765mm	770mm	775mm	780mm
	+	+	+	+	+	+	+	+
—17°	2,05	2,06	2,08	2,09	2,11	2,12	2,13	2,14
16	1,93	1,94	1,95	1,97	1,98	1,99	2,01	2,02
15	1,81	1,82	1,83	1,84	1,86	1,87	1,88	1,89
14	1,69	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,76	1,77
13	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64
12	1,45	1,46	1,46	1,47	1,49	1,49	1,50	1,50
11	1,33	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,38
10	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,24	1,25	1,25
9	1,08	1,09	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,14
8	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	1,00	1,01
7	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88
6	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75	0,76
5	0,60	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63
4	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50	0,51
3	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38
2	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25
— 1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
	+	+	+	+	+	+	+	+
0								
	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
2	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
3	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38
4	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,50	0,50	0,51
5	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63
6	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,75	0,76
7	0,84	0,85	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88
8	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
9	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13
10	1,20	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26
11	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,36	1,37	1,37
12	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,51
13	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63
14	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,74	1,75	1,76
15	1,80	1,81	1,82	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88
16	1,92	1,93	1,94	1,96	1,97	1,98	2,00	2,01
17	2,04	2,05	2,07	2,08	2,09	2,11	2,12	2,13
18	2,16	2,17	2,19	2,20	2,22	2,23	2,25	2,26
19	2,28	2,29	2,31	2,32	2,34	2,35	2,37	2,38
20	2,40	2,41	2,43	2,44	2,46	2,48	2,49	2,50
21	2,52	2,53	2,55	2,57	2,58	2,60	2,62	2,63
22	2,63	2,65	2,67	2,69	2,71	2,72	2,74	2,76
23	2,75	2,77	2,79	2,81	2,83	2,85	2,87	2,89
24	2,87	2,89	2,91	2,93	2,95	2,97	2,99	3,01
25	2,99	3,01	3,03	3,05	3,07	3,09	3,11	3,13
26	3,11	3,13	3,15	3,17	3,19	3,22	3,24	3,26
27	3,23	3,25	3,27	3,30	3,32	3,34	3,36	3,38
28	3,35	3,37	3,39	3,42	3,44	3,46	3,48	3,50
29	3,47	3,49	3,52	3,54	3,56	3,59	3,61	3,63
30	3,59	3,61	3,64	3,66	3,68	3,71	3,73	3,75
31	3,71	3,73	3,76	3,78	3,81	3,83	3,86	3,89
32	3,83	3,85	3,88	3,90	3,93	3,95	3,98	4,01

Tafel III. Reduction des englischen Barometers.

Reduction $= h. \frac{0{,}0001001\,(t-32) - 0{,}00001043\,(t-26)}{1 + 0{,}0001001\,(t-32)}$. Das englische Barometer hat eine Scale, die nach englischen Zollen und Zehntheilen eines Zolles getheilt ist. Die abgelesene Barometerhöhe suche man in der obersten Zeile. Die Scale des Thermometers bei diesem Barometer ist nach Fahrenheit getheilt. Die vorderste und letzte über je zwei Doppel-Seiten gehende Columne giebt die beobachtete Temperatur nach F. von 0 bis 89°. Die Angaben der Tafel sind Decimaltheile des englischen Zolles; sie werden zu dem beobachteten Barometerstande hinzugerechnet, wenn + darüber steht, von ihm abgezogen, wenn − darüber steht.

27 Zoll.

F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0	0692	0695	0698	0700	0703	0705	0708	0710	0713	0715
1	0668	0671	0673	0675	0678	0680	0683	0685	0688	0690
2	0644	0646	0648	0651	0653	0656	0658	0660	0663	0665
3	0619	0622	0624	0626	0629	0631	0633	0635	0638	0640
4	0595	0597	0599	0602	0604	0606	0608	0610	0613	0615
5	0571	0573	0575	0577	0579	0581	0583	0585	0588	0590
6	0546	0548	0550	0552	0554	0556	0559	0561	0563	0565
7	0522	0524	0526	0528	0530	0532	0534	0536	0537	0539
8	0498	0500	0501	0503	0505	0507	0509	0511	0512	0514
9	0473	0475	0477	0479	0480	0482	0484	0486	0487	0489
10	0449	0451	0452	0454	0456	0457	0459	0461	0462	0464
11	0425	0426	0428	0429	0431	0433	0434	0436	0437	0439
12	0400	0402	0403	0405	0406	0408	0409	0411	0412	0414
13	0376	0378	0379	0380	0382	0383	0385	0386	0387	0389
14	0352	0353	0355	0356	0357	0358	0360	0361	0362	0364
15	0328	0329	0330	0331	0332	0334	0335	0336	0337	0339
16	0303	0304	0306	0307	0308	0309	0310	0311	0312	0313
17	0279	0280	0281	0282	0283	0284	0285	0286	0287	0288
18	0255	0256	0257	0258	0259	0259	0260	0261	0262	0263
19	0231	0231	0232	0233	0234	0235	0236	0236	0237	0238
20	0206	0207	0208	0209	0209	0210	0211	0212	0212	0213
21	0182	0183	0183	0184	0185	0185	0186	0187	0187	0188
22	0158	0158	0159	0159	0160	0161	0161	0162	0162	0163
23	0133	0134	0134	0135	0135	0136	0136	0137	0137	0138
24	0109	0110	0110	0110	0111	0111	0112	0112	0112	0113
25	0085	0085	0086	0086	0086	0087	0087	0087	0088	0088
26	0061	0061	0061	0062	0062	0062	0062	0062	0063	0063
27	0037	0037	0037	0037	0037	0037	0037	0037	0038	0038
28	0012	0012	0012	0012	0013	0013	0013	0013	0013	0013
	±	±	±	±	±	±	±	±	±	±
29	0012	0012	0012	0012	0012	0012	0012	0012	0012	0012
30	0036	0036	0036	0037	0037	0037	0037	0037	0037	0037
31	0060	0061	0061	0061	0061	0061	0062	0062	0062	0062
32	0085	0085	0085	0085	0086	0086	0086	0087	0087	0087
33	0109	0109	0110	0110	0110	0111	0111	0112	0112	0112
34	0133	0133	0134	0134	0135	0135	0136	0136	0137	0137
35	0157	0158	0158	0159	0159	0160	0161	0161	0162	0162
36	0181	0182	0183	0183	0184	0185	0185	0186	0187	0187
37	0205	0206	0207	0208	0209	0209	0210	0211	0212	0212
38	0230	0230	0231	0232	0233	0234	0235	0236	0236	0237
39	0254	0255	0256	0257	0258	0259	0259	0260	0261	0262
40	0278	0279	0280	0281	0282	0283	0284	0285	0286	0287
41	0302	0303	0304	0305	0307	0308	0309	0310	0311	0312
42	0326	0327	0329	0330	0331	0332	0334	0335	0336	0337
43	0350	0352	0353	0354	0356	0357	0358	0360	0361	0362
44	0375	0376	0377	0379	0380	0381	0383	0384	0386	0387
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

28 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
0718	0721	0723	0726	0728	0731	0733	0736	0739	0741	0
0693	0695	0698	0700	0703	0705	0708	0710	0713	0715	1
0668	0670	0672	0675	0677	0679	0682	0684	0687	0689	2
0642	0645	0647	0649	0651	0654	0656	0658	0661	0663	3
0617	0619	0621	0624	0626	0628	0630	0632	0635	0637	4
0592	0594	0596	0598	0600	0602	0605	0607	0609	0611	5
0567	0569	0571	0573	0575	0577	0579	0581	0583	0585	6
0541	0543	0545	0547	0549	0551	0553	0555	0557	0559	7
0516	0518	0520	0522	0524	0525	0527	0529	0531	0533	8
0491	0493	0494	0496	0498	0500	0501	0503	0505	0507	9
0466	0468	0469	0471	0472	0474	0476	0478	0479	0481	10
0441	0442	0444	0445	0447	0448	0450	0452	0453	0455	11
0415	0417	0418	0420	0421	0423	0424	0426	0427	0429	12
0390	0392	0393	0394	0396	0397	0398	0400	0401	0403	13
0365	0366	0368	0369	0370	0371	0373	0374	0375	0377	14
0340	0341	0342	0343	0345	0346	0347	0348	0349	0351	15
0315	0316	0317	0318	0319	0320	0321	0322	0324	0325	16
0289	0290	0291	0292	0294	0295	0296	0297	0298	0299	17
0264	0265	0266	0267	0268	0269	0270	0271	0272	0273	18
0239	0240	0241	0242	0242	0243	0244	0245	0246	0247	19
0214	0215	0215	0216	0217	0218	0218	0219	0220	0221	20
0189	0189	0190	0191	0191	0192	0193	0193	0194	0195	21
0164	0164	0165	0165	0166	0166	0167	0168	0168	0169	22
0138	0139	0139	0140	0140	0141	0141	0142	0142	0143	23
0113	0114	0114	0115	0115	0115	0116	0116	0117	0117	24
0088	0088	0089	0089	0089	0090	0090	0090	0091	0091	25
0063	0063	0063	0064	0064	0064	0064	0065	0065	0065	26
0038	0038	0038	0038	0038	0039	0039	0039	0039	0039	27
0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	28
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0012	0012	0012	0012	0013	0013	0013	0013	0013	0013	29
0037	0038	0038	0038	0038	0038	0038	0038	0039	0039	30
0063	0063	0063	0063	0063	0064	0064	0064	0064	0065	31
0088	0088	0088	0089	0089	0089	0090	0090	0090	0090	32
0113	0113	0114	0114	0114	0115	0115	0115	0116	0116	33
0138	0138	0139	0139	0140	0140	0141	0141	0142	0142	34
0163	0164	0164	0165	0165	0166	0166	0167	0168	0168	35
0188	0189	0189	0190	0191	0191	0192	0193	0193	0194	36
0213	0214	0215	0215	0216	0217	0218	0218	0219	0220	37
0238	0239	0240	0241	0242	0242	0243	0244	0245	0246	38
0263	0264	0265	0266	0267	0268	0269	0270	0271	0272	39
0288	0289	0291	0291	0292	0293	0294	0295	0297	0298	40
0313	0314	0316	0317	0318	0319	0320	0321	0322	0323	41
0338	0340	0341	0342	0343	0344	0346	0347	0348	0349	42
0363	0365	0366	0367	0369	0370	0371	0373	0374	0375	43
0388	0390	0391	0393	0394	0395	0397	0398	0400	0401	44
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°

27 Zoll.

F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	0399	0400	0402	0403	0405	0406	0408	0409	0411	0412
46	0423	0424	0426	0428	0429	0431	0432	0434	0435	0437
47	0447	0449	0450	0452	0454	0455	0457	0459	0460	0462
48	0471	0473	0475	0476	0478	0480	0482	0483	0485	0487
49	0495	0497	0499	0501	0503	0504	0506	0508	0510	0512
50	0519	0521	0523	0525	0527	0529	0531	0533	0535	0537
51	0543	0545	0547	0550	0552	0554	0556	0558	0560	0562
52	0568	0570	0572	0574	0576	0578	0580	0582	0584	0586
53	0592	0594	0596	0598	0600	0603	0605	0607	0609	0611
54	0616	0618	0620	0623	0625	0627	0629	0632	0634	0636
55	0640	0642	0645	0647	0649	0652	0654	0656	0659	0661
56	0664	0666	0669	0671	0674	0676	0679	0681	0684	0686
57	0688	0691	0693	0696	0698	0701	0703	0706	0708	0711
58	0712	0715	0717	0720	0723	0725	0728	0731	0733	0736
59	0736	0739	0742	0744	0747	0750	0753	0755	0758	0761
60	0760	0763	0766	0769	0772	0774	0777	0780	0783	0786
61	0784	0787	0790	0793	0796	0799	0802	0805	0808	0810
62	0808	0811	0814	0817	0820	0823	0826	0829	0832	0835
63	0832	0836	0839	0842	0845	0848	0851	0854	0857	0860
64	0856	0860	0863	0866	0869	0872	0876	0879	0882	0885
65	0881	0884	0887	0890	0894	0897	0900	0903	0907	0910
66	0905	0908	0911	0915	0918	0921	0925	0928	0931	0935
67	0929	0932	0935	0939	0942	0946	0949	0953	0956	0960
68	0953	0956	0960	0963	0967	0970	0974	0977	0981	0984
69	0977	0980	0984	0988	0991	0995	0998	1002	1006	1009
70	1001	1004	1008	1012	1016	1019	1023	1027	1030	1034
71	1025	1028	1032	1036	1040	1044	1047	1051	1055	1059
72	1049	1052	1056	1060	1064	1068	1072	1076	1080	1084
73	1073	1077	1081	1085	1089	1093	1097	1101	1104	1108
74	1097	1101	1105	1109	1113	1117	1121	1125	1129	1133
75	1121	1125	1129	1133	1137	1141	1146	1150	1154	1158
76	1145	1149	1153	1157	1162	1166	1170	1174	1179	1183
77	1169	1173	1177	1182	1186	1190	1195	1199	1203	1208
78	1193	1197	1202	1206	1210	1215	1219	1224	1228	1232
79	1217	1221	1226	1230	1235	1239	1244	1248	1253	1257
80	1241	1245	1250	1254	1259	1264	1268	1273	1277	1282
81	1265	1269	1274	1279	1283	1288	1293	1297	1302	1307
82	1289	1293	1298	1303	1308	1312	1317	1322	1327	1332
83	1313	1317	1322	1327	1332	1337	1342	1347	1351	1356
84	1336	1341	1346	1351	1356	1361	1366	1371	1376	1381
85	1360	1365	1370	1376	1381	1386	1391	1396	1401	1406
86	1384	1389	1395	1400	1405	1410	1415	1420	1425	1431
87	1408	1414	1419	1424	1429	1434	1440	1445	1450	1455
88	1432	1438	1443	1448	1453	1459	1464	1469	1475	1480
89	1456	1462	1467	1472	1478	1483	1489	1494	1499	1505
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

28 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0413	0415	0416	0415	0418	0421	0422	0424	0425	0427	45
0439	0440	0442	0443	0445	0446	0448	0449	0451	0453	46
0464	0465	0467	0469	0470	0472	0473	0475	0477	0478	47
0489	0490	0492	0494	0496	0497	0499	0501	0503	0504	48
0514	0515	0517	0519	0521	0523	0525	0526	0528	0530	49
0539	0541	0542	0544	0546	0548	0550	0552	0554	0556	50
0564	0566	0568	0570	0572	0574	0576	0578	0580	0582	51
0589	0591	0593	0595	0597	0599	0601	0603	0605	0608	52
0614	0616	0618	0620	0622	0625	0627	0629	0631	0633	53
0639	0641	0643	0645	0648	0650	0652	0655	0657	0659	54
0664	0666	0668	0671	0673	0675	0678	0680	0683	0685	55
0689	0691	0693	0696	0698	0701	0703	0706	0708	0711	56
0714	0716	0719	0721	0724	0726	0729	0731	0734	0736	57
0738	0741	0744	0746	0749	0752	0754	0757	0760	0762	58
0763	0766	0769	0772	0774	0777	0780	0783	0785	0788	59
0788	0791	0794	0797	0800	0802	0805	0808	0811	0814	60
0813	0816	0819	0822	0825	0828	0831	0834	0837	0840	61
0838	0841	0844	0847	0850	0853	0856	0859	0862	0865	62
0863	0866	0869	0873	0876	0879	0882	0885	0888	0891	63
0888	0891	0895	0898	0901	0904	0907	0910	0914	0917	64
0913	0916	0920	0923	0926	0929	0933	0936	0939	0942	65
0938	0941	0945	0948	0951	0955	0958	0962	0965	0968	66
0963	0966	0970	0973	0977	0980	0984	0987	0991	0994	67
0988	0991	0995	0999	1002	1006	1009	1013	1016	1020	68
1013	1016	1020	1024	1027	1031	1035	1038	1042	1045	69
1038	1041	1045	1049	1053	1056	1060	1064	1067	1071	70
1063	1066	1070	1074	1078	1082	1085	1089	1093	1097	71
1088	1091	1095	1099	1103	1107	1111	1115	1119	1123	72
1112	1116	1120	1124	1128	1132	1136	1140	1144	1148	73
1137	1141	1145	1150	1154	1158	1162	1166	1170	1174	74
1162	1166	1171	1175	1179	1183	1187	1191	1195	1200	75
1187	1191	1196	1200	1204	1208	1213	1217	1221	1225	76
1212	1216	1221	1225	1229	1234	1238	1242	1247	1251	77
1237	1241	1246	1250	1255	1259	1263	1268	1272	1277	78
1262	1266	1271	1275	1280	1284	1289	1293	1298	1302	79
1287	1291	1296	1300	1305	1310	1314	1319	1323	1328	80
1311	1316	1321	1325	1330	1335	1339	1344	1349	1354	81
1336	1341	1346	1351	1355	1360	1365	1370	1374	1379	82
1361	1366	1371	1376	1381	1385	1390	1395	1400	1405	83
1386	1391	1396	1401	1406	1411	1416	1421	1426	1431	84
1411	1416	1421	1426	1431	1436	1441	1446	1451	1456	85
1436	1441	1446	1451	1456	1461	1466	1472	1477	1482	86
1460	1466	1471	1476	1481	1487	1492	1497	1502	1507	87
1485	1491	1496	1501	1506	1512	1517	1522	1528	1533	88
1510	1515	1521	1526	1532	1537	1542	1548	1553	1559	89
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°

29 Zoll.

F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0	0744	0746	0749	0751	0754	0757	0759	0762	0764	0767
1	0718	0720	0723	0725	0728	0730	0733	0735	0738	0740
2	0691	0694	0696	0699	0701	0703	0706	0708	0710	0713
3	0665	0668	0670	0672	0674	0677	0679	0681	0684	0686
4	0639	0641	0644	0646	0648	0650	0652	0655	0657	0659
5	0613	0615	0617	0619	0621	0624	0626	0628	0630	0632
6	0587	0589	0591	0593	0595	0597	0599	0601	0603	0606
7	0561	0563	0565	0567	0568	0570	0572	0574	0576	0578
8	0535	0536	0538	0540	0542	0544	0546	0547	0549	0551
9	0508	0510	0512	0514	0515	0517	0519	0521	0522	0524
10	0482	0484	0486	0487	0489	0491	0492	0494	0496	0497
11	0456	0458	0459	0461	0463	0464	0466	0467	0469	0470
12	0430	0432	0433	0435	0436	0438	0439	0441	0442	0443
13	0404	0405	0407	0408	0410	0411	0412	0414	0415	0417
14	0378	0379	0381	0382	0383	0384	0386	0387	0388	0390
15	0352	0353	0354	0356	0357	0358	0359	0360	0362	0363
16	0326	0327	0328	0329	0330	0331	0333	0334	0335	0336
17	0300	0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308	0309
18	0274	0275	0276	0276	0277	0278	0279	0280	0281	0282
19	0248	0248	0249	0250	0251	0252	0253	0254	0254	0255
20	0222	0222	0223	0224	0225	0225	0226	0227	0228	0228
21	0195	0196	0197	0197	0198	0199	0200	0200	0201	0202
22	0169	0170	0171	0171	0172	0172	0173	0174	0174	0175
23	0143	0144	0144	0145	0145	0146	0146	0147	0147	0148
24	0117	0118	0118	0119	0119	0119	0120	0120	0121	0121
25	0091	0092	0092	0092	0093	0093	0093	0094	0094	0094
26	0065	0066	0066	0066	0066	0066	0067	0067	0067	0067
27	0039	0039	0040	0040	0040	0040	0040	0040	0040	0040
28	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0014	0014	0014	0014
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013
30	0039	0039	0039	0039	0039	0039	0040	0040	0040	0040
31	0065	0065	0065	0065	0066	0066	0066	0066	0067	0067
32	0091	0091	0091	0092	0092	0092	0093	0093	0093	0094
33	0117	0117	0118	0118	0118	0119	0119	0120	0120	0120
34	0143	0143	0144	0144	0145	0145	0146	0146	0147	0147
35	0169	0169	0170	0170	0171	0172	0172	0173	0173	0174
36	0195	0195	0196	0197	0197	0198	0199	0199	0200	0201
37	0221	0221	0222	0223	0224	0224	0225	0226	0227	0228
38	0247	0247	0248	0249	0250	0251	0252	0253	0253	0254
39	0273	0274	0274	0275	0276	0277	0278	0279	0280	0281
40	0299	0300	0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308
41	0325	0326	0327	0328	0329	0330	0331	0332	0333	0335
42	0350	0352	0353	0354	0355	0357	0358	0359	0360	0361
43	0376	0378	0379	0380	0382	0383	0384	0385	0387	0388
44	0402	0404	0405	0406	0408	0409	0411	0412	0413	0415
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

30 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
0769	0772	0774	0777	0780	0782	0785	0787	0790	0792	0
0742	0745	0747	0750	0753	0755	0757	0760	0763	0765	1
0715	0718	0720	0722	0725	0727	0730	0732	0734	0737	2
0688	C690	0693	0695	0697	0700	0702	0704	0707	0709	3
0661	0663	0666	0668	0670	0672	0674	0677	0679	0681	4
0634	0636	0638	0640	0643	0645	0647	0649	0651	0653	5
0607	0609	0611	0613	0615	0617	0619	0621	0623	0625	6
0580	0582	0584	0586	0588	0590	0592	0594	0595	0597	7
0553	0555	0557	0559	0560	0562	0564	0566	0568	0570	8
0526	0528	0529	0531	0533	0535	0537	0538	0540	0542	9
0499	0501	0502	0504	0506	0507	0509	0511	0512	0514	10
0472	0474	0475	0477	0478	0480	0481	0483	0485	0486	11
0445	0446	0448	0449	0451	0452	0454	0455	0457	0458	12
0418	0419	0421	0422	0424	0425	0426	0428	0429	0431	13
0391	0392	0394	0395	0396	0398	0399	0400	0401	0403	14
0364	0365	0366	0368	0369	0370	0371	0372	0374	0375	15
0337	0338	0339	0340	0342	0343	0344	0345	0346	0347	16
0310	0311	0312	0313	0314	0315	0316	0317	0318	0319	17
0283	0284	0285	0286	0287	0288	0289	0290	0291	0292	18
0256	0257	0258	0259	0260	0260	0261	0262	0263	0264	19
0229	0230	0231	0231	0232	0233	0234	0235	0235	0236	20
0202	0203	0204	0204	0205	0206	0206	0207	0208	0208	21
0175	0176	0176	0177	0178	0178	0179	0179	0180	0181	22
0148	0149	0149	0150	0150	0151	0151	0152	0152	0153	23
0121	0122	0122	0123	0123	0123	0124	0124	0125	0125	24
0094	0095	0095	0095	0096	0096	0096	0097	0097	0097	25
0068	0068	0068	0068	0068	0069	0069	0069	0069	0070	26
0041	0041	0041	0041	0041	0041	0041	0042	0042	0042	27
0014	0014	0014	0014	0014	0014	0014	0014	0014	0014	28
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0013	0013	0013	0013	0013	0013	0013	0014	0014	0014	29
0040	0040	0040	0041	0041	0041	0041	0041	0041	0041	30
0067	0067	0067	0068	0068	0068	0068	0069	0069	0069	31
0094	0094	0095	0095	0095	0095	0096	0096	0096	0097	32
0121	0121	0122	0122	0122	0123	0123	0124	0124	0124	33
0148	0148	0149	0149	0150	0150	0151	0151	0152	0152	34
0175	0175	0176	0176	0177	0177	0178	0179	0179	0180	35
0201	0202	0203	0203	0204	0205	0205	0206	0207	0207	36
0228	0229	0230	0231	0231	0232	0233	0234	0234	0235	37
0255	0256	0257	0258	0259	0259	0260	0261	0262	0263	38
0282	0283	0284	0285	0286	0287	0288	0289	0290	0290	39
0309	0310	0311	0312	0313	0314	0315	0316	0317	0318	40
0336	0337	0338	0339	0340	0341	0342	0344	0345	0346	41
0363	0364	0365	0366	0367	0369	0370	0371	0372	0373	42
0389	0391	0392	0393	0395	0396	0397	0398	0400	0401	43
0416	0418	0419	0420	0422	0423	0425	0426	0427	0429	44
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F°

29 Zoll.

F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	0428	0430	0431	0433	0434	0434	0437	0439	0440	0442
46	0454	0456	0457	0459	0460	0462	0464	0465	0467	0468
47	0480	0482	0483	0485	0487	0489	0490	0492	0493	0495
48	0506	0508	0510	0511	0513	0515	0516	0518	0520	0522
49	0532	0534	0536	0537	0539	0541	0543	0545	0547	0548
50	0558	0560	0562	0564	0566	0567	0569	0571	0573	0575
51	0584	0586	0588	0590	0592	0594	0596	0598	0600	0602
52	0610	0612	0614	0616	0618	0620	0622	0624	0626	0629
53	0636	0638	0640	0642	0644	0646	0649	0651	0653	0655
54	0661	0664	0666	0668	0671	0673	0675	0677	0680	0682
55	0687	0690	0692	0694	0697	0699	0701	0704	0706	0709
56	0713	0716	0718	0721	0723	0726	0728	0730	0733	0735
57	0739	0742	0744	0747	0749	0752	0754	0757	0759	0762
58	0765	0768	0770	0773	0775	0778	0781	0783	0786	0789
59	0791	0793	0796	0799	0802	0804	0807	0810	0813	0815
60	0817	0819	0822	0825	0828	0831	0833	0836	0839	0842
61	0842	0845	0848	0851	0854	0857	0860	0863	0866	0868
62	0868	0871	0874	0877	0880	0883	0886	0889	0892	0895
63	0894	0897	0900	0903	0906	0910	0913	0916	0919	0922
64	0920	0923	0926	0929	0933	0936	0939	0942	0945	0948
65	0946	0949	0952	0956	0959	0962	0965	0969	0972	0975
66	0972	0975	0978	0982	0985	0988	0992	0995	0998	1002
67	0997	1001	1004	1008	1011	1015	1018	1021	1025	1028
68	1023	1027	1030	1034	1037	1041	1044	1048	1051	1055
69	1049	1053	1056	1060	1063	1067	1071	1074	1078	1082
70	1075	1079	1082	1086	1090	1093	1097	1101	1104	1108
71	1101	1104	1108	1112	1116	1120	1123	1127	1131	1135
72	1126	1130	1134	1138	1142	1146	1150	1154	1157	1161
73	1152	1156	1160	1164	1168	1172	1176	1180	1184	1188
74	1178	1182	1186	1190	1194	1198	1202	1206	1210	1215
75	1204	1208	1212	1216	1220	1224	1229	1233	1237	1241
76	1229	1234	1238	1242	1246	1251	1255	1259	1263	1268
77	1255	1260	1264	1268	1273	1277	1281	1286	1290	1294
78	1281	1285	1290	1294	1299	1303	1308	1312	1316	1321
79	1307	1311	1316	1320	1325	1329	1334	1338	1343	1347
80	1333	1337	1342	1346	1351	1355	1360	1365	1369	1374
81	1358	1363	1368	1372	1377	1382	1386	1391	1396	1400
82	1384	1389	1394	1398	1403	1408	1413	1417	1422	1427
83	1410	1415	1419	1424	1429	1434	1439	1444	1449	1453
84	1435	1440	1445	1450	1455	1460	1465	1470	1475	1480
85	1461	1466	1471	1476	1481	1486	1491	1496	1501	1507
86	1487	1492	1497	1502	1507	1513	1518	1523	1528	1533
87	1513	1518	1523	1528	1533	1539	1544	1549	1554	1560
88	1538	1544	1549	1554	1560	1565	1570	1575	1581	1586
89	1564	1569	1575	1580	1586	1591	1596	1602	1607	1613
—	=	=	=	=	=	=	—	—	=	=
F°	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

30 Zoll.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F.°
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0443	0445	0446	0447	0449	0450	0452	0453	0455	0456	45
0470	0471	0473	0475	0476	0478	0479	0481	0482	0484	46
0497	0498	0500	0502	0503	0505	0507	0509	0510	0512	47
0523	0525	0527	0529	0530	0532	0534	0536	0537	0539	48
0550	0552	0554	0556	0558	0559	0561	0563	0565	0567	49
0577	0579	0581	0583	0585	0587	0589	0591	0592	0594	50
0604	0606	0608	0610	0612	0614	0616	0618	0620	0622	51
0631	0633	0635	0637	0639	0641	0643	0645	0647	0650	52
0657	0660	0662	0664	0666	0668	0671	0673	0675	0677	53
0684	0686	0689	0691	0693	0696	0698	0700	0702	0705	54
0711	0713	0716	0718	0720	0723	0725	0727	0730	0732	55
0738	0740	0743	0745	0748	0750	0752	0755	0757	0760	56
0764	0767	0770	0772	0775	0777	0780	0782	0785	0787	57
0791	0794	0797	0799	0802	0805	0807	0810	0812	0815	58
0818	0821	0823	0826	0829	0832	0834	0837	0840	0843	59
0845	0848	0850	0853	0856	0859	0862	0864	0867	0870	60
0871	0874	0877	0880	0883	0886	0889	0892	0895	0898	61
0898	0901	0904	0907	0910	0913	0916	0919	0922	0925	62
0925	0928	0931	0934	0937	0940	0943	0947	0950	0953	63
0952	0955	0958	0961	0964	0968	0971	0974	0977	0980	64
0978	0982	0985	0988	0991	0995	0998	1001	1004	1008	65
1005	1008	1012	1015	1018	1022	1025	1029	1032	1035	66
1032	1035	1039	1042	1046	1049	1052	1056	1059	1063	67
1058	1062	1066	1069	1073	1076	1080	1083	1087	1090	68
1085	1089	1092	1096	1100	1103	1107	1110	1114	1118	69
1112	1116	1119	1123	1127	1130	1134	1138	1142	1145	70
1139	1142	1146	1150	1154	1158	1161	1165	1169	1173	71
1165	1169	1173	1177	1181	1185	1189	1192	1196	1200	72
1192	1196	1200	1204	1208	1212	1216	1220	1224	1228	73
1219	1223	1227	1231	1235	1239	1243	1247	1251	1255	74
1245	1249	1254	1258	1262	1266	1270	1274	1278	1283	75
1272	1276	1280	1285	1289	1293	1297	1302	1306	1310	76
1299	1303	1307	1312	1316	1320	1325	1329	1333	1338	77
1325	1330	1334	1338	1343	1347	1352	1356	1361	1365	78
1352	1356	1361	1365	1370	1374	1379	1383	1388	1392	79
1378	1383	1388	1392	1397	1401	1406	1411	1415	1420	80
1405	1410	1414	1419	1424	1429	1433	1438	1443	1447	81
1432	1437	1441	1446	1451	1456	1460	1465	1470	1475	82
1458	1463	1468	1473	1478	1483	1488	1492	1497	1502	83
1485	1490	1495	1500	1505	1510	1515	1520	1525	1530	84
1512	1517	1522	1527	1532	1537	1542	1547	1552	1557	85
1538	1543	1548	1554	1559	1564	1569	1574	1579	1584	86
1565	1570	1575	1580	1586	1591	1596	1601	1607	1612	87
1591	1597	1602	1607	1613	1618	1623	1629	1634	1639	88
1618	1623	1629	1634	1640	1645	1650	1656	1661	1667	89
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	F.°

Tafel IV.

Reduction des altfranzösischen Barometers (mit Par. Zoll und Linien), bei welchem die Temperatur des Quecksilbers und die der Scale durch zwei verschiedene Thermometer gemessen wird. Der obere Theil der Tafel giebt die Correction der Quecksilbersäule, der untere die Correction der messingenen Scale. Ist h die Menge der abgelesenen Theile der Scale, t die Temperatur des Quecksilbers, so ist die Reduction der Quecksilbersäule=0,0002252 t. Für die Temperatur τ des Messings ist die Reduction=h.0,00002348 (τ—13). Die Summe beider Correctionen giebt die Gesammtcorrection des beobachteten Barometerstandes. Die Ueberschriften geben die beobachteten Barometerhöhen in Par. Zoll und Linien; die erste Columne enthält Grade R.; die Angaben der Tafel sind Par. Linien.

26 Zoll.

Quecksilber.

Grade R.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14°	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
13	92	92	92	93	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95
12	85	85	85	85	86	86	86	87	87	87	87	88
11	78	78	78	78	79	79	79	79	80	80	80	80
10	70	71	71	71	71	72	72	72	72	73	73	73
9	63	64	64	64	64	64	65	65	65	65	65	66
8	56	57	57	57	57	57	57	58	58	58	58	58
7	49	49	50	50	50	50	50	50	51	51	51	51
6	42	42	43	43	43	43	43	43	43	43	44	44
5	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	36	36
4	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29
3	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22
2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15
1	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
—	+ —	+ —	+ —	+ —	+ —	+ —	+ —	+ —	+ —	+ —	+ —	+ —
+1	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
2	14	14	14	14	14	14	14	14	14	15	15	15
3	21	21	21	21	21	21	22	22	22	22	22	22
4	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29
5	35	35	35	35	36	36	36	36	36	36	36	36
6	42	42	42	43	43	43	43	43	43	43	44	44
—7	49	49	49	50	50	50	50	50	50	51	51	51
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Messing.

Grade R.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—14	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,21
12	18	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19
10	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
8	15	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
6	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
—1	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
+6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

26 Zoll.

Quecksilber.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,49	0,49	0,49	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,51	0,51	+ 7°
56	56	57	57	57	57	57	57	58	58	58	58	8
63	63	64	64	64	64	64	65	65	65	65	65	9
70	70	71	71	71	71	72	72	72	72	72	73	10
77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	80	80	11
84	84	85	85	85	85	86	86	86	87	87	87	12
91	91	92	92	92	93	93	93	93	94	94	94	13
98	98	99	99	99	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	14
1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	07	07	07	08	08	08	09	15
12	12	13	13	13	14	14	15	15	15	16	16	16
19	19	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23	17
26	26	27	27	28	28	28	29	29	30	30	30	18
33	33	34	34	35	35	36	36	36	37	37	38	19
40	40	41	41	42	42	43	43	44	44	44	45	20
47	47	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	21
54	54	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	22
61	61	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	23
68	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	24
75	75	76	76	77	77	78	79	79	80	80	81	25
82	82	83	83	84	85	85	86	86	87	88	88	26
89	89	90	90	91	92	92	93	93	94	95	95	27
96	96	97	97	98	99	99	2,00	2,00	2,01	2,02	2,02	+28
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Messing.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	+ 6
04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	8
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	10
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	14
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	16
04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	18
05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	20
07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	22
08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	24
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	26
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	+28
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

27 Zoll.

Quecksilber.

Grade	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
—14°	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,04	1,04	1,06	1,04
13	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
12	88	88	88	89	89	89	89	90	90	90	91	91
11	81	81	81	81	82	82	82	82	83	83	83	83
10	73	73	73	74	74	74	75	75	75	75	75	76
9	66	66	66	66	67	67	67	67	67	68	68	68
8	59	59	59	59	59	59	60	60	60	60	60	61
7	51	51	52	52	52	52	52	52	52	53	53	53
6	44	44	44	44	44	45	45	45	45	45	45	45
5	37	37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38
4	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23
2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
— 1	07	07	07	07	07	07	07	08	08	08	08	08
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 1	07	07	07	07	07	07	07	08	08	08	08	08
2	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23
4	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30
5	36	37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38
6	44	44	44	44	44	44	45	45	45	45	45	45
+ 7	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52	53	53
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Messing.

	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—14	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
12	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20	20	20
10	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
8	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17
6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
2	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
— 1	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+ 1	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09
2	08	08	08	08	09	09	09	09	09	09	09	09
4	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
+ 6	05	05	05	05	05	05	05	05	06	06	06	06
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

28 Zoll.

Quecksilber.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09	1,10	—14°
0,99	0,99	0,99	00	00	00	00	01	01	01	02	02	13
91	91	92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	12
83	84	84	84	84	85	85	85	85	86	86	86	11
76	76	76	77	77	77	77	77	78	78	78	78	10
68	68	68	69	69	69	70	70	70	70	70	71	9
61	61	61	61	61	62	62	62	62	62	63	63	8
53	53	53	54	54	54	54	54	54	55	55	55	7
46	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	47	6
38	38	38	38	38	38	39	39	39	39	39	39	5
30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	4
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	24	3
15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	16	2
08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	— 1
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	08	+ 1
15	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16	16	2
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	3
30	30	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	4
38	38	38	38	38	38	39	39	39	39	39	39	5
45	46	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	6
53	53	53	53	54	54	54	54	54	54	55	55	+ 7
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Messing.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	—14
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	12
18	18	18	18	18	18	19	19	19	19	19	19	10
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	8
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	6
13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	4
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	2
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	— 1
10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	0
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	+ 1
09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	2
07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	4
06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	+ 6
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

27 Zoll.

Quecksilber.

Grade R.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 7	0,51	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53
8	58	59	59	59	59	59	59	60	60	60	60	60
9	66	66	66	66	66	67	67	67	67	67	68	68
10	73	73	73	74	74	74	74	74	75	75	75	75
11	80	80	81	81	81	81	82	82	82	82	83	83
12	87	88	88	88	88	89	89	89	90	90	90	90
13	95	95	95	96	96	96	96	97	97	97	98	98
14	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05
15	09	09	10	10	10	11	11	11	12	12	13	13
16	16	17	17	17	18	18	19	19	19	20	20	20
17	24	24	24	25	25	26	26	26	27	27	27	28
18	31	31	32	32	32	33	33	34	34	35	35	35
19	38	39	39	39	40	40	41	41	42	42	42	43
20	45	46	46	47	47	48	48	48	49	49	50	50
21	53	53	54	54	54	55	55	56	56	57	57	58
22	60	60	61	61	62	62	63	63	64	64	65	65
23	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73
24	74	75	75	76	76	77	77	78	79	79	80	80
25	81	82	83	83	84	84	85	85	86	87	87	88
26	89	89	90	90	91	92	92	93	93	94	94	95
27	96	96	97	98	98	99	2,00	2,00	2,01	2,01	2,02	2,03
+28	2,03	2,04	2,04	2,05	2,06	2,06	07	07	08	09	09	10
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Messing.

Grade R.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 6	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06
8	04	04	04	04	04	04	04	05	05	05	05	05
10	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
12	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+	+	+
14	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
16	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
18	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
20	05	05	05	05	05	05	05	05	06	06	06	06
22	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
24	08	08	08	08	08	09	09	09	09	09	09	09
26	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
+28	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

28 Zoll.

Quecksilber.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	+ 7°
60	61	61	61	61	61	62	62	62	62	62	62	8
69	69	69	69	69	69	69	70	70	70	70	70	9
76	76	76	76	76	77	77	77	77	78	78	78	10
84	84	84	84	84	84	85	85	85	85	86	86	11
91	91	91	91	92	92	92	93	93	93	93	94	12
99	99	99	99	99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	13
1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	07	08	08	08	08	09	09	14
14	14	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	15
21	21	21	22	22	22	23	23	24	24	24	25	16
29	29	29	29	30	30	30	31	31	32	32	32	17
36	36	37	37	37	38	38	39	39	39	40	40	18
43	44	44	44	45	45	46	46	47	47	47	48	19
51	52	52	52	53	53	53	54	54	55	55	56	20
58	59	59	60	60	61	61	62	62	62	63	63	21
66	66	67	67	67	68	69	69	70	70	71	71	22
73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	23
81	81	82	82	83	83	84	84	85	86	86	87	24
88	89	89	90	90	91	92	92	93	93	94	94	25
96	96	97	97	98	99	99	2,00	2,00	2,01	2,01	2,02	26
2,03	2,04	2,04	2,05	2,06	2,06	2,07	07	08	09	09	10	27
11	11	12	12	13	14	14	15	16	16	17	18	+28
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Messing.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grade R.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	+ 6
05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	05	8
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	10
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	12
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	14
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	02	16
04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	04	18
06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	06	20
07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	07	22
09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09	24
10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	26
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	+28
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Beispiel zu Tafel I. Gesetzt, man habe an einem altfranzösischen Barometer den Barometerstand 27″ 11‴ beobachtet, und am zugehörigen Thermometer + 11° R.; so suche man unter der Ueberschrift 27 Zoll die Columne mit der Ueberschrift 11, fahre in dieser Columne mit dem Finger so weit herunter, bis man in die Zeile kommt, welche vorn links durch die Thermometerangabe + 11° bezeichnet ist. Hier findet man die Angabe 0,84. Da über derselben das Zeichen — steht, so ist 27″ 11‴ — 0‴,84 = 27″ 10‴,16 die corrigirte, auf 0° reducirte Barometerhöhe.

Beispiel zu Tafel II. Gesetzt, man habe an einem neueren französischen Barometer den Barometerstand 780mm bei einer Temperatur von — 15° C. beobachtet; so suche man die Angabe der Tafel, welche unter 780 und seitwärts von — 15° steht; sie ist (mit dem darüberstehenden Zeichen) + 1,89; der auf 0° reducirte Barometerstand ist also = 780mm + 1mm,89 = 781mm,89.

Beispiel zu Tafel III. Man habe an einem englischen Barometer 28 Zoll 5 Lin. bei 40° F. beobachtet. Dann suche man die Angabe unter 28 Zoll 5 Lin. und seitwärts von 40°; sie ist (mit dem übergeschriebenen Vorzeichen) — 0,0293; also ist 28″,5 — 0″,0293 = 28″,4707 oder 28″ 4‴,707 die auf 0° R. reducirte Barometerhöhe.

Beispiel zu Tafel IV. Man habe einen Barometerstand von 28″ 2‴ beobachtet bei einer Temperatur des Quecksilbers von — 5° und einer Temperatur der Scale von — 6°. In der oberen Abtheilung der Tafel findet man unter 28″ 2‴ und neben — 5° die Correctur + 0,38; in der untern Abtheilung unter 28″ 2‴ und neben — 6 die Correction — 0,15. Die Gesammtcorrection ist folglich 0,38 — 0,15 = 0,23 und mithin die auf 0° R. reducirte Barometerhöhe = 28″ 2‴ — 0‴,23 = 28″ 1‴,77.

Noch eine andere **Correction** ist nöthig wegen der **Capillardepression** (Herabdrückung der Quecksilbersäule durch die Haarröhrchenwirkung) am Glase. Man erkennt diese Wirkung an der **Kuppe** (**Convexität**, **Meniskus**), welche das Quecksilber wie in jedem offenen Glasgefäße, so auch in der Torricelli'schen Leere hat, die jedoch bei stark ausgekochten Barometern sich mehr und mehr abplattet und endlich in eine Ebene, ja in eine concave Vertiefung übergeht. Man kann aber die Wirkung der Glaswand auf das Quecksilber auch in jedem offenen Gefäß und in dem offenen Schenkel jedes Heberbarometers beobachten. In einem offenen Glasgefäß steht das Quecksilber am Rande niedriger als in der Mitte; es bildet sich also eine Kuppe. In dem offenen Schenkel des Heberbarometers zeigt sich zuweilen eine Kuppe, zuweilen aber ist auch die Oberfläche des Quecksilbers ganz eben und zuweilen endlich ist sie concav. Das erste ist der Fall, wenn das Barometer Neigung zum Sinken hat, d. h. wenn das Quecksilber im kurzen Schenkel im Steigen begriffen ist, das letztere, wenn das Barometer Neigung zum Steigen hat, d. h. wenn das Quecksilber im kurzen Schenkel im Sinken begriffen ist. Man kann indeß auch im letzteren Falle durch Schwankungen und Erschütterungen des Barometers und Reinigen der Glaswand die Kuppe wieder herstellen. Versetzt man das Quecksilber im Barometer in Schwankungen, so wird man im kurzen Schenkel beim Aufsteigen des Quecksilbers in ihm eine Kuppe, beim Niedersinken eine Concavität bemerken. Im langen verschlossenen Schenkel ist die Kuppe im Allgemeinen niedriger als im offenen Schenkel, verschwindet auch nicht beim Sinken des Quecksilbers so wie dort, aber bei Schwankungen beobachtet man in der Hauptsache ganz dieselbe Erscheinung und es entsteht also im langen Schen-

kel eine Kuppe, wenn im kurzen eine Vertiefung sich bildet, und umgekehrt. Offenbar also haftet das Quecksilber mit einer gewissen Kraft an der Glaswand und diese hält es zurück bei jeder Bewegung, sowohl beim Steigen als beim Sinken, daher man auch vor jeder Beobachtung dem Instrumente kleine Erschütterungen ertheilen muß, um es auf seinen von dieser Anhängung möglichst befreiten richtigen Stand zu bringen. Es folgt aber aus dem Gesagten, daß, wenn das Barometer im Sinken begriffen ist, der beobachtete Stand etwas zu groß, und daß, wenn das Barometer im Steigen ist, der beobachtete Stand etwas zu klein sein muß. In Beziehung auf das Sinken würde aber diese Betrachtung nur dann vollkommen richtig sein, wenn vorher der Barometerstand von der Capillardepression unabhängig gewesen wäre. Da aber jedem Sinken ein Steigen vorausgegangen sein muß, so wird der Barometerstand im Allgemeinen stets zu klein sein. Man hat die Bemerkung gemacht, daß Gefäßbarometer in der Regel einen niedrigeren Barometerstand geben als Heberbarometer, und hat dies aus dem Umstande abgeleitet, daß bei Gefäßbarometern die Haarröhrchenwirkungen im Gefäße und in der Röhre sehr verschieden sind, während sie bei Heberbarometern, bei welchen die beiden Schenkel gleiche Weite haben, in beiden Schenkeln gleich und entgegengesetzt sind, also sich aufheben, wie auch Deluc, der Erfinder des Heberbarometers, annahm. Indem man ferner annahm, daß die Capillardepression einzig oder vorzugsweise von der Weite der gebrauchten Röhre abhänge, berechnete man Tafeln, welche einfache Zahlenangaben enthielten, die man bei jeder Barometerröhre ihrer Weite gemäß hinzuaddiren sollte, weil man von der Ansicht ausging, daß die Capillarattraction stets eine Erniedrigung des wahren Barometerstandes zur Folge haben müsse. Indeß ist diese ganze Betrachtung in mehr als einer Beziehung unrichtig. Die Capillaritätsverhältnisse hängen keineswegs bloß von der Größe des Durchmessers der Röhre ab, sondern auch von der Natur des Glases, von der Beschaffenheit des Quecksilbers, von der Eigenthümlichkeit der Torricelli'schen Leere, von der Temperatur und vielleicht noch von anderen noch nicht berücksichtigten Bedingungen. Schon oben wurde bemerkt, daß die Adhäsion des Quecksilbers wenigstens im offenen Schenkel der Heberbarometer sehr verschieden sei bei verschiedenen Glassorten. Wie sehr aber die Beschaffenheit des Quecksilbers influire, das sieht man am auffälligsten an dem Verhalten des Quecksilbers im kurzen offenen Schenkel des Heberbarometers, verglichen mit dem im langen verschlossenen Schenkel. Sobald das Quecksilber mit dem bekannten grauen Oxydhäutchen sich überzieht, verliert sich die Kuppe, und wenn man das Barometer schwanken läßt, so verhält sich an den Wänden der Röhre das Quecksilber ganz wie eine klebrige zähe Masse und verunreinigt dieselbe bald so, daß, wenn man nicht durch Reinigen derselben nachhilft, das Niveau fast gar nicht mehr zu bestimmen ist. Im Heberbarometer sind, wie man sieht, die Capillaritätsverhältnisse in den beiden Schenkeln keineswegs dieselben, wie Deluc annahm, sondern im Gegentheil im höchsten Grade verschieden. In der Torricelli'schen Leere befindet sich, wo nicht verdünnte Luft und Wasserdampf, doch jedenfalls Quecksilberdampf, welcher sich unter dem Einflusse der Temperatur entwickelt und niederschlägt; dagegen befindet sich das andere Niveau des Barometers in einer Atmosphäre von feuchter Luft, welche nicht nur durch die Temperatur anders modificirt wird, sondern auch chemisch das Quecksilber afficirt. Der Gehalt des Quecksilbers an Luft und Wasser (Feuchtigkeit) und das Anhaften von Luft und Wasser an die Wandungen der Röhre hat auf die Haarröhrchenwirkung den größten Einfluß. Man

suchte durch langandauerndes sorgfältiges Auskochen diesem Einflusse entgegen zu wirken, und wirklich machte man die Bemerkung, daß in Folge des Auskochens der Meniscus in der Torricelli'schen Leere mehr und mehr verschwand. Lange Zeit hielt man nun diejenigen Barometer, welche keine Kuppe in der Torricelli'schen Leere zeigten, sondern eine ebene Oberfläche, für die besten, für solche, bei denen gar keine Capillardepression stattfände und bei welchen also auch eine Correction in Bezug auf dieselbe überflüssig wäre. Dom Casbois hatte auf diese Erscheinung in Folge des Auskochens zuerst aufmerksam gemacht. Schon der Umstand, daß es sogar gelang, statt einer erhabenen endlich eine vertiefte Oberfläche des Quecksilbers zu erhalten, hätte aber darauf führen sollen, daß durch das Auskochen der Einfluß der Glaswand auf den Barometerstand keineswegs aufgehoben sei, sondern daß nur eine Aenderung der Capillaritätsverhältnisse zwischen dem Glase und dem Quecksilber bewirkt worden sei. Bohnenberger *) machte die Bemerkung, daß, wenn man dem Quecksilber $^1/_{6000}$ Silber zusetzte, die Depression verändert, die Oberfläche abgeflacht ward; daß aber die Abflachung der Kuppe durch das Auskochen gleichfalls nur von einer chemischen Verunreinigung des Quecksilbers als Folge des Kochens unter Zutritt der atmosphärischen Luft erfolge, hat Dulong **) nachgewiesen. Es bildet sich nämlich Oxyd, welches zwar in nur geringer Menge in dem Quecksilber sich auflöst, aber doch hinreicht, die Natur des Quecksilbers zu verändern, namentlich dessen Capillaritätsverhältniß zum Glase. Ist das siedende Quecksilber an seiner Oberfläche von einer sauerstofffreien Luft, z. B. einer Atmosphäre von Wasserstoff umgeben, so treten, wie Dulong gezeigt hat, diese Veränderungen nicht ein. Wenn Poggendorff (vgl. oben S. 663. Anm.) die Bemerkung macht, diese Erklärung erscheine darum unzulänglich, weil die Gestalt der Quecksilberfläche in weiten Barometern veränderlich sei, wofür sich oft kein nachweisbarer Grund angeben lasse, und weil Schieck die Erfahrung gemacht habe, daß gerade in weiten Röhren, bei welchen Dulong den Einfluß jener Auflösung des sich bildenden Oxyds wegen der größeren Quecksilbermasse beobachtet hatte, durch das Kochen das Quecksilber concav werde, so scheinen mir diese Bemerkungen eher eine Bestätigung als eine Widerlegung der Erklärung Dulong's zu enthalten. Was nämlich durch das Auskochen unter Zutritt der Luft erfolgen kann, wird in längerer Zeit auch erfolgen müssen, wenn eine größere Quecksilberfläche im Gefäß oder im offenen Schenkel mit der Luft in Berührung steht, und es wird also in jedem Barometer das Quecksilber endlich zu jener Mischung von reinem Quecksilber und Quecksilberoxyd sich umwandeln, welche ein anderes Capillaritätsverhältniß zum Glase hat, als reines Quecksilber; wenn aber diese Wirkung vorzugsweise bei weiten Barometern auffällig hervortritt, so erklärt sich dies daraus, daß überhaupt der Einfluß des Glases um so schwächer ist, je weiter die Röhre, daß er also auch in einer weiten Röhre am leichtesten zu überwinden ist. Die Bemerkung Schieck's schließt aber die von Dulong nicht aus. Dulong hat gewiß Recht, wenn er sagt, eine bestimmte Quantität Oxyd wirkt um so schwächer, je größer die Quantität Quecksilber ist, in welcher sie aufgelöst ist, und Schieck's Bemerkung läuft

*) Naturwissenschaftl. Abhandlungen, herausg. von einer Gesellschaft in Würtemberg. Tübing. 1822. Dove's Repert. Bd. I. S. 37.

**) Poisson, nouv. théorie de l'action capillaire. p. 291. Pogg. Ann. Bd. XXVI. S. 455.

ganz hiermit übereinstimmend darauf hinaus, daß eine desto größere Quantität Oxyd sich bildet, eine je größere Quantität Quecksilber siedet.

Es wurde schon oben bemerkt, daß die Kuppe im geschlossenen Schenkel eines Heberbarometers im Allgemeinen niedriger sei als im offenen, oder, was dasselbe ist, daß der Einfallswinkel zwischen dem Quecksilber und dem Glase (ich werde dessen nähere Bestimmung sogleich angeben) im barometrischen Vacuum immer kleiner sei als in der Luft. Früher nahm man diesen Winkel als constant an; Laplace bestimmte ihn auf 46° 28′, Poisson auf 44° 30′. Nach Bravais kann dieser Winkel zwischen 15° bis 48° betragen. Er sinkt aber unter 15° dann, wenn die Kuppe sich zur Ebene abplattet oder sogar in eine Höhlung übergeht. Nach den Bemerkungen von Dulong und Bohnenberger und wenn man dieses Phänomen mit der oben erwähnten Erscheinung am offenen Schenkel eines Heberbarometers vergleicht, kann man nicht zweifeln, daß diese Abplattung nur eintreten wird, wenn eine Beschmutzung der inneren Röhrenwand (eingeschlossenen Röhre) mit einem Körper stattfindet, der zugleich am Quecksilber und am Glase haften kann, namentlich mit Metalloxyd, und daß dieser Fall auch dann eintritt, wenn das Quecksilber zu lange im Glase gekocht worden. Bravais empfiehlt, wenn dies der Fall sein sollte, eine kleine Luftblase in die Torricelli'sche Röhre aufsteigen zu lassen und sie dann wieder durch kleine Stöße auszutreiben, dann nehme der Meniscus seine natürliche Convexität wieder an. Wenn aber nach Dulong Bildung und Auflösung von Quecksilberoxyd im Quecksilber stattgefunden hat, so wird dieses durch ein solches Verfahren gewiß nicht fortgeschafft. Es scheint, daß die Convexität des Niveau's auf Kosten der Zuverlässigkeit des Instrumentes hergestellt wird, wie auch folgender Fall beweist. Bessel *) sah an einem 7 Linien weiten, mit erwärmtem Quecksilber gefüllten Pistor'schen Barometer die Convexität im längeren Schenkel allmälig immer mehr abnehmen und zuletzt vollkommen verschwinden. Eine kleine Luftblase, die nach einer beiläufigen Schätzung die Quecksilbersäule etwa um ein Hunderttheil Linie herabdrücken konnte, zeigte sich beim Neigen des Instruments. Als zu dieser kleinen eine größere Luftblase hinzugelassen wurde, um durch Umkehren beide gleichzeitig fortzuschaffen, zeigten sich nachher zwei Veränderungen, eine constante Erniedrigung der Quecksilbersäule um 0,4 oder 0,5 Linie und eine Convexität der Quecksilberoberfläche im langen Schenkel, stärker als sie je beobachtet worden war. Von dem Eintreten dieser nachher bleibenden Erniedrigung, welche den Betrag der Capillarität um das Zehnfache übersteigt, gaben vor und nach dem Versuch angestellte Vergleichungen des Barometers mit zwei andern sichere Ueberzeugung.

Daß auch die Temperatur großen Einfluß auf die Capillaritätserscheinungen am Barometer haben müsse, folgt schon daraus, daß die Capillarität überhaupt mit der Temperatur der in Betracht kommenden Körper sich ändert. Bohnenberger **) ist der Ansicht, daß Heberbarometer wegen der Veränderlichkeit der Capillardepression in dem kürzeren Schenkel am wenigsten dazu geeignet seien, genaue Resultate zu geben. Wenn man den Gefäßbarometern den Vorwurf gemacht hat, daß sie im Allgemeinen einen zu niedrigen Barometerstand geben, so kann man

*) Schumacher's astronomische Nachrichten Nr. 175. Dove's Repertorium. Bd. I. S. 37.

**) Pogg. Ann. Bd. VII. S. 380.

mit ebenso viel Recht den Heberbarometern verwerfen, daß sie im Allgemeinen zu hohe Barometerstände geben. Bohnenberger hat über die Capillardepression in Barometerröhren in der Weise Untersuchungen angestellt, daß er ein von ihm Normalbarometer genanntes Barometer, dessen Röhre einen Durchmesser von 14,5 Par. Linien hatte, mit anderen engeren Barometerröhren verglich, welche in das sehr weite Gefäß des Normalbarometers mündeten. Ein mikroskopischer Apparat diente dazu, die Höhen der Quecksilbersäule in diesen Röhren mit großer Genauigkeit zu messen. Die Resultate, welche Bohnenberger *) erhielt, waren folgende:

1) Die Oberfläche des Quecksilbers in der weiten Röhre ist an dem Rande ein wenig abgerundet, fängt aber in einem Abstande von 2 Linien von den Seitenwänden der Röhre an eben zu werden, so daß die Capillardepression verschwindet.

2) In einer Röhre von 5,8 Par. Linie Durchmesser ist die Oberfläche des Quecksilbers in ihrer ganzen Ausdehnung noch gewölbt, und die Depression beträgt 0,0035 Par. Linie.

3) Die Depression ist in dem Vacuum des Barometers überhaupt geringer als in der Luft, und alle Heberbarometer geben den Barometerstand zu groß, desto mehr, je kleiner der Durchmesser der Röhre ist.

4) Die Depression in Röhren von verschiedenem Glas ist unter übrigens gleichen Umständen sehr nahe dieselbe.

5) Die Unterschiede zwischen dem Normalbarometer und einem Heberbarometer sind sehr veränderlich, selbst wenn man vor jeder Beobachtung den kürzeren Schenkel reinigt. Jedoch werden diese Unterschiede bei größeren Röhren mehr constant, namentlich, wenn sie anfangen, 3 Par. Lin. zu übersteigen.

6) Barometer, deren Röhren 5 Par. Lin. weit sind, bedürfen schon keiner Erschütterung mehr, um den wahren Barometerstand anzugeben; bei 4 Lin. Durchmesser zeigen sich vor und nach der Erschütterung Differenzen von 0,03 bis 0,05 Linien in dem Barometerstande.

Bei zwei Linien Durchmesser bleibt die Quecksilbersäule, wenn man das Barometer vorher geneigt und es hierauf wieder langsam in die verticale Lage gebracht hat, auf einer zu großen Höhe hängen, von welcher es erst nach vier bis fünf Minuten zu dem Ruhepunkt herabsinkt, welches bei einer geringen Erschütterung der Röhre sogleich geschieht. Eine zu starke Erschütterung, bei welcher das Quecksilber mit den höher liegenden Theilen der Röhre in Berührung kommt, bringt das Barometer leicht auf einen zu hohen Stand.

Laplace **) hat die Depression theoretisch zu bestimmen gesucht. Er ging von zwei verschiedenen Ansichten aus, einmal, indem er die Oberfläche des Quecksilbers im verschlossenen Rohre als kugelförmig annahm, dann indem er die Betrachtung der Figur eines großen Quecksilbertropfens auf einer horizontalen Glasplatte zu Grunde legte. Bohnenberger hat gefunden, daß die Voraussetzungen, auf denen die von Laplace entwickelten Formeln beruhen, nicht zulässig sind.

---

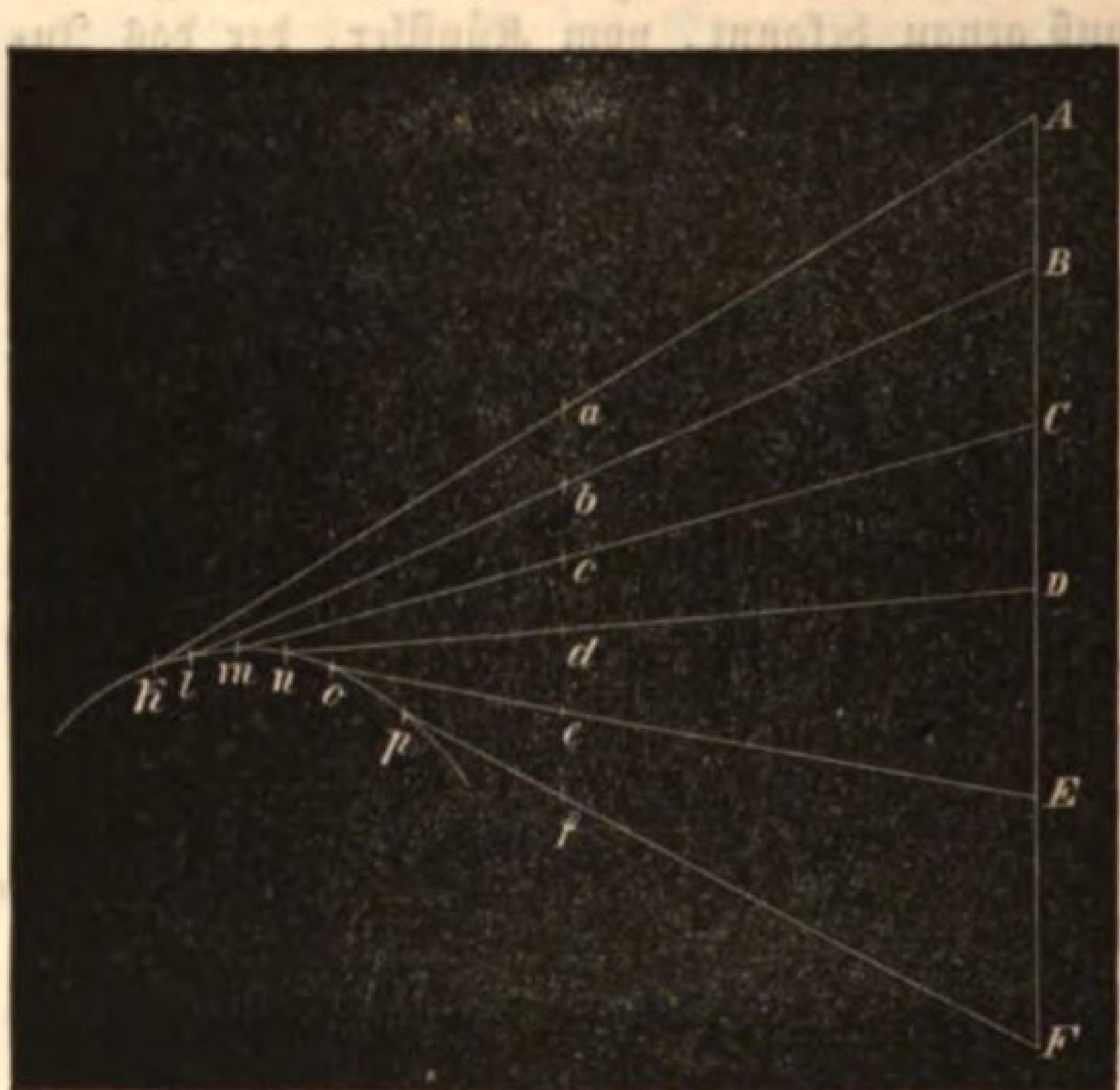
*) Pogg. Ann. Bd. VII. S. 381.

**) Théorie de l'action capillaire p. 64 und Supplément à la th. de l'act. cap. p. 65. Vergl. Gilb. Ann. Bd. XXXIII. S. 112.

Um die Capillardepression beurtheilen zu können, ist es nöthig, daß man wenigstens dasjenige Element, von welchem sie am meisten abhängig ist, genau kenne: den innern Durchmesser der Barometerröhre, und dann, daß man die Gestalt der Kuppe zu beurtheilen vermöge, welche die im Vorhergehenden erwähnten, freilich nicht in Rechnung stellbaren Einflüsse bedingen. Der Durchmesser der Röhre jedes guten Barometers muß genau bekannt, vom Künstler, der das Instrument hergestellt hat, genau untersucht und angegeben sein. Auch bei sonst guten Instrumenten ist aber diese Bestimmung nicht selten vernachlässigt worden oder verloren gegangen. Es ist daher von Wichtigkeit, daß man diese Größe bei bereits fertigen Instrumenten mit Zuverlässigkeit bestimmen könne. Hierzu nun giebt Bravais *) folgende Anweisung: Der äußere Durchmesser der Röhren kann leicht bestimmt werden, es kommt also nur noch darauf an, die Dicke des Glases zu bestimmen. Zu dem Ende ziehe man zwei feine und parallele Striche quer auf die Röhre mittelst eines scharfen Stücks Bergkrystall, das man mit einer Zange faßt. Den Raum zwischen beiden Strichen messe man mit Genauigkeit, er betrage z. B. 1 bis 2 Millimeter. Zu dieser Messung kann man sich eines guten Cirkels oder des Nonius am Barometer selbst bedienen. Zur Erleichterung der Operationen lege man das Instrument horizontal auf einen Tisch. Jeder dieser Striche, die wir a und b nennen wollen, liefert ein Bild durch Reflexion an der Quecksilberfläche, welche die Innenwand der Röhre bekleidet. Man bringe nun das Auge in eine schiefe Lage, so daß man den Strich a mit dem Bilde des Striches b, oder den Strich b mit dem Bilde des Striches a zusammenfallen sieht. Sind i und r die Winkel des Lichtstrahls in der Luft und dem Glase mit der Normale der Fläche und λ das Brechungsverhältniß bei dem Uebergang aus Glas in Luft, endlich d der gegenseitige Abstand beider Striche und ε die Glasdicke der Röhre, so hat man $\varepsilon = \frac{1}{2} d \cot (\text{arc} \sin = \lambda \sin i)$. Zur Bestimmung des Einfallswinkels i bedient sich Bravais eines Schirms, der sich parallel mit der Axe der Röhre bewegen läßt, und dessen oberer Rand quer gegen die Axe und also parallel den Strichen a und b ist. Diesen Schirm verschiebe man dergestalt, daß der Gesichtsstrahl, in welchem man a direct auf b reflectirt oder b direct auf a reflectirt sieht, seinen obern Rand tangirt. Ist nun M der Zwischenraum, welcher die beiden, diesen Coincidenzen entsprechenden Stellungen des Schirms trennt, und m das Perpendikel, gefällt von der Mitte der Kante des Schirms auf die Außenwand der Röhre, so ist ersichtlich, daß man habe $\tan i = \frac{M - d}{2m}$. Beim Fortschieben des Schirms auf der messingenen Fassung ist möglicher Weise die Axe dieser Fassung nicht vollkommen parallel der Axe des Rohrs; allein die vorstehende Formel ist noch anwendbar auf diesen Fall, sobald das Perpendikel m von der Mitte des Zwischenraums der Striche a und b aus gemessen ist. So viel wie möglich hat Bravais vorgezogen, den Schirm auf der beweglichen Fassung des Nonius zu befestigen; die Größe M bestimmt sich dann leicht durch die beiden Ablesungen am Nullpunkte des Nonius. Was das Brechungsverhältniß betrifft, so schwankt es beim gewöhnlichen Glase von $\lambda = \frac{1}{1,5}$ bis $\lambda = \frac{1}{1,55}$. Es ist zweckmäßig, daß das

*) Ann. de Chim. et Phys. S. III. T. V. Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 533. Schumacher hat in den Mém. de l'acad. de Bruxelles. T. XIV. ein Verfahren angegeben, welches nur auf eine gewisse Classe von Barometern anwendbar ist.

Intervall d von den Grenzen 0,6 ε und 1,6 ε eingeschlossen sei. Gewöhnlich zieht Bravais statt zwei Striche a, b deren drei, nahe bei einander und parallel, a, b, c, wodurch man drei mögliche Combinationen und drei verschiedene Incidenzen bekommt. Es ist zu wünschen, daß jeder der drei Zwischenräume ab, ac, bc von den angezeigten Grenzen eingeschlossen sei.



Um die Gestalt der Quecksilberkuppe zu erforschen, kann man sich mit Vortheil der von W. Weber (s. oben S. 667) angegebenen Scale bedienen. In nebenstehender Figur stellen a, b, c, d, e, f, sechs auf einander folgende Theilstriche der Scale dar; A, B, C, D, E, F dagegen die Punkte, wo sich das Auge befinden müsse, damit die Quecksilberkuppe hinter jenen Theilstrichen erscheine. Man ziehe die Linien Aa, Bb, Cc, Dd, Ee, Ff und verlängere sie respective über a, b, c, d, e und f hinaus, so erhält man die Tangenten der Quecksilberkuppe, und folgert daraus, daß die Curve klmnop, welche jene Linien zu Tangenten hat, die Gestalt der Quecksilberkuppe darstellt. Die Lage der Punkte A, B, C, D, E und F gegen die Theilstriche a, b, c, d, e und f wird bloß durch die Betrachtung des Spiegelbildes der Scale und des Auges vollständig bestimmt.

Charakteristisch für die Kuppe sind die Höhe derselben, d. h. die Entfernung des höchsten Punktes derselben von der ihre Basis bezeichnenden Ebene, und der Winkel, welchen die Tangente des untersten Punktes der sie begrenzenden krummen Fläche an diese Fläche mit der Senkrechten auf der Röhrenwand macht, oder der Einfallswinkel zwischen dem Quecksilber und dem Glase. Die Höhe der Kuppe kann man mit Hülfe des an dem Instrumente angebrachten Nonius leicht messen. Bravais *) hat jedoch die Bemerkung gemacht, daß die Irradiation des Lichtes die stark beleuchtete Oberfläche des Meniscus nach unten ausbreite, so daß man also bei der Beobachtung dieser Größe einem constanten Fehler ausgesetzt ist, während bei der Beobachtung des Einfallswinkels, wie sie Bravais angiebt, die Irradiation die Beobachtung nicht stört. Diesen Winkel bestimmt nun Bravais **) auf folgende Art. Nachdem man das Barometer senkrecht und solchergestalt aufgestellt hat, daß die Oberfläche des Meniscus von dem Licht der Wolken oder, nach Bedürfniß, von einem dahinter angebrachten Stück weißer Pappe beleuchtet wird, halte man hinter der Fassung einen Schirm, der sich mit einer horizontalen Kante endigt. Diesen Schirm bewege man von unten nach oben, wodurch er, indem er steigt, immer mehr und mehr von dem Licht auffängt, wel-

*) Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 530.
**) Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 524.

ches sich an der Quecksilberfläche reflectirte. Das Auge fast ins Niveau mit der Base des Meniscus stellend sieht man dessen Oberfläche, anfangs auf der dem Beobachter gegenüberliegenden Seite, sich verdunkeln, und diese Verdunkelung dehnt sich nach und nach gegen die Basis aus, bis zum vollständigen Verschwinden des erhellten Theils. Genau in diesem Moment sei h der Winkel, welcher die Neigung des Gesichtsstrahls, geführt vom Auge des Beobachters zu dieser Basis, mißt. Dieser Winkel wird als positiv oder negativ betrachtet, je nachdem das Niveau des Auges unter oder über dem des Meniscus ist, je nachdem die Gesichtslinie gegen den Beobachter oder gegen die Basis herabneigt. Sei ebenso H der Winkel, welcher die Neigung des letzten Lichtstrahls vor seiner Reflexion an der converen Quecksilberfläche mißt. Dieser Winkel wird immer positiv sein. Man hat offenbar: $V = \frac{H + h}{2}$. — Um h zu messen, kann man die Basis des Meniscus beziehen auf entfernte, hinter ihr liegende Gegenstände, deren Winkelhöhe über dem Horizont zuvor bekannt ist. Die Ränder von Dächern oder Fenstersprossen sind zu diesem Zweck besonders geeignet. In Ermangelung derselben kann man sich auch eines senkrechten Spiegels bedienen, der je nach der Entfernung in Millimeter oder Centimeter getheilt ist (also ähnlich wie Weber empfohlen). Man kann sich auch begnügen, an die Mauer ein Stück weißes Papier zu befestigen mit Horizontallinien von fünf zu fünf Millimetern. Man beobachte zunächst, welchem Theilstrich p des Papiers die horizontale Ebene entspricht, die durch einen gegebenen Punkt der Barometerscale, z. B. durch den Punkt 760 Millim., gelegt ist. Man messe hierauf den Horizontal-Abstand f, welcher dieses Sehzeichen von der Axe der Röhre trennt. Ist l die auf der Barometerscale, neben dem Nullpunkt des Nonius, abgelesene Höhe des Meniscus-Scheitels, und k die constante Höhe des Pfeils vom Meniscus, so wird $l - k$ die abgelesene Höhe der Basis des Meniscus sein (eine Größe, die man auch durch directe Messung erhalten kann) und $l - k - 760$ die Höhe dieser selben Basis über der zuvor erwähnten Horizontal-Ebene. Ist andererseits P der Punkt des graduirten Sehzeichens, auf welchen das Auge die Basis des Meniscus im Moment des Verschwindens der letzten Lichtlinie bezieht, so hat man offenbar: $\tan h = \frac{(P - p) - (l - k - 760)}{f + U}$. Die Größen p, k, f, U können während einer und derselben Reihe von Beobachtungen als constant angesehen werden. Ebenso erhält man den Winkel H. Der Schirm, welcher das Licht auffängt, ist gewöhnlich beweglich mit dem Läufer, der den Nonius trägt. Man kann ihn daran befestigen, entweder durch besondere Druckschrauben, oder durch die Schrauben des Läufers oder durch den Druck einer Feder. Jeder Beobachter, selbst der reisende, kann leicht einen solchen Schirm an sein Instrument anbringen. Es ist gut, ihn so einzurichten, daß er leicht abgenommen und an jedes andere Barometer angebracht werden kann. Da es nicht nothwendig ist, daß der obere Stand des Schirms geradlinig sei, so kann der obere innere Rand des Läufers, welcher den Nonius trägt, die Dienste desselben verrichten; allein dann ist der horizontale Abstand zu klein und das schadet der Genauigkeit der Bestimmung des Winkels H. Es sei nun n die Ablesung des Nullpunkts am Nonius, wenn der die Beleuchtung begrenzende Rand in der Horizontal-Ebene des Theilstrichs 760 ist; es sei ferner N die Ablesung desselben Nullpunkts im Moment, wo

der Meniscus aufhört beleuchtet zu sein; es sei e der horizontale Abstand dieses selben Randes von der Achse der Röhre, so hat man offenbar, wie vorhin:

$$\text{tang } H = \frac{(N - n) - (l - k - 760)}{e + U}.$$

Der Durchgang der Lichtstrahlen durch die Glasröhre ändert dieses Resultat ein wenig. Bei der Messung des Winkels h kann man diesen letzten Effect vernachlässigen; nicht so ist es aber bei der Messung von H. Es sei λ das Brechungsverhältniß beim Uebergang des Lichts aus Glas in Luft; es sei ε die Dicke der Röhrenwand, so ist es leicht sich zu überzeugen, das man das Moment $e + U$ umändern muß in

$$e + U - \varepsilon\,(J - \cos H \text{ tang arc sin} = \lambda \sin H).$$

Zur Anwendung dieser Berichtigung muß also H schon annähernd berechnet sein; übrigens hat der Versuch gezeigt, daß es fast immer, besonders wenn der Abstand e etwas groß ist, hinreicht, $e + U$ zu ersetzen durch $e + U - {}^2/_3\,\varepsilon$. Es ist nützlich, das Barometer um 180° um seine Axe zu drehen und die Beobachtung in dieser Stellung zu wiederholen; denn in der Senkrechtheit der Röhrenaxe kann ein leichter Fehler vorhanden sein, und dieser wirft sich ganz auf die Messung des Winkels V. Es ist also gut, daß der Schirm ringförmig sei und seine Axe, wenigstens nahezu, zusammenfalle mit der Fassung des Barometers. Ist einmal der Schirm befestigt, so bestimmt man den Werth der Größe p im Moment, wo der letzte Lichtpunkt verschwindet. Auf diese Weise macht man zwei bis drei Ablesungen von p, getrennt von einander durch eine Reihe kleiner Stöße, um jede Adhärenz zwischen dem Quecksilber und dem Glase zu vernichten; dann nimmt man das Mittel aus diesen Ablesungen. Wenn man aber auf einen festen Gegenstand einstellt (affleure), wenn der Winkel h zuvor bekannt ist, so macht man gleich hinter einander zwei oder drei Ablesungen von N und nimmt daraus das Mittel zur Berechnung von H.

Bei Barometern, bei welchen das Quecksilber-Niveau nach Belieben mittelst einer Schraube verstellt werden kann, wird es gut sein, den Versuch an verschiedenen Punkten der Länge der Säule zu wiederholen. Bei Barometern, wo das Niveau nicht nach Belieben des Beobachters verschoben werden kann, ist man genöthigt, die natürlichen Veränderungen des Barometerdrucks abzuwarten, um dieselbe Reihe von Beobachtungen zu machen. Man muß nicht glauben, daß der Einfallswinkel des Quecksilbers gegen die Röhrenwand nothwendig gleich sei an verschiedenen Stellen einer und derselben Röhre.

Man kann die Correction wegen der Capillardepression als überflüssig vernachlässigen bei einem Gefäßbarometer von großem, mehr als 6 Linien betragendem inneren Durchmesser, bei einem Barometer, wie es Bohnenberger als Normalbarometer anwendete. Da aber solche Instrumente schwer zu transportiren und wegen ihres großen Gewichtes leicht zerstörbar sind, abgesehen von ihrer Kostspieligkeit, so wird man sie zu dem gewöhnlichen Gebrauche nicht anwenden können. Weil aber, wie gezeigt worden, die Berechnung der Capillardepression immer sehr unsicher ist, indem sie von Einflüssen abhängt, welche nicht in Rechnung gestellt werden können, so dürfte es wohl das zuverlässigste sein, wenn man das gebrauchte Instrument eine Zeitlang auf das sorgfältigste mit einem fehlerlosen Normalbarometer vergliche und dann den Fehler, welcher von der Capillardepres-

sion herrührt, in einer kleinen Tabelle mit den zugehörigen Barometerständen zusammenstellte, denn es ist gezeigt worden, daß in verschiedenen Theilen jeder Barometerröhre die Capillardepression verschieden ausfallen kann. Von Zeit zu Zeit wird man die Vergleichung mit dem Normalbarometer wiederholen müssen, da sich die Individualität eines jeden Instrumentes mit der Zeit verändert. Nicht immer aber ist die Vergleichung mit einem Normalbarometer möglich, und in diesem Falle bleibt nichts übrig, als sich der zur Bestimmung der Capillardepression berechneten Tafeln zu bedienen. Bei den Gefäßbarometern nimmt man dann gewöhnlich nur auf die Haarröhrchenwirkung in der Röhre, nicht auf die im Gefäße Rücksicht. Man bestimmt sie und addirt sie zu dem beobachteten und auf die Temperatur corrigirten Barometerstande. Da, wo die Röhre in das Quecksilber im Gefäße eintaucht, wird sich zwar diese Wirkung als eine rings die Röhre umgebende Furche merkbar machen, man bestimmt aber das Niveau des Quecksilbers im Gefäß nicht hier, sondern in der Mitte der breiten Oberfläche, da wo also die Depression als überwunden angenommen wird. Bei den Heberbarometern dagegen muß man die Depression sowohl im offenen als im geschlossenen Schenkel bestimmen, jene von dieser abziehen und die so gefundene Differenz zum beobachteten Barometerstande addiren. Da die Depression, wie schon bemerkt wurde, beim Heberbarometer im offenen Schenkel größer ist als im geschlossenen, so erhält man bei der angegebenen Rechnung eine negative Größe, oder, was dasselbe, man wird die Depression der geschlossenen Röhre von der im offenen Schenkel abziehen und den gefundenen Unterschied von dem beobachteten (und auf die Temperatur corrigirten) Barometerstande subtrahiren.

Die mehr erwähnten Tabellen, deren man sich bei dieser Correction bedienen kann, sind nun theils solche, bei deren Benutzung man nur auf die Weite der Röhre, theils solche, bei denen man auch auf die Höhe der Kuppe oder auf den Einfallswinkel (s. oben S. 734), durch welchen ihre Höhe und Gestalt bestimmt wird, Rücksicht zu nehmen hat.

Eine Tabelle der ersten Art ist nachstehende von Poisson *), deren Angaben in Millimetern sind.

Weite der Röhre	Depression	Differenz	Weite der Röhre	Depression	Differenz
2	4,5599	1,6574	12	0,2602	0,0555
3	2,9025	0,8637	13	0,2047	0,0457
4	2,0388	0,5333	14	0,1597	0,0352
5	1,5055	0,3573	15	0,1245	0,0275
6	1,1482	0,2669	16	0,0970	0,0216
7	0,8813	0,1962	17	0,0754	0,0168
8	0,6851	0,1497	18	0,0586	0,0156
9	0,5354	0,1153	19	0,0430	0,0078
10	0,4201	0,0695	20	0,0352	
11	0,3506	0,0904			

*) Nouvelle théorie de l'action capillaire p. 289.

Nach Laplace's Formel haben Schleiermacher und Eckhardt *) folgende Tabelle berechnet, in welcher die oberste Zeile die Höhe der Kuppe, die erste Columne links die Weite der Barometerröhre nach dem Halbmesser enthält und die Zahlen, welche die Capillardepression bestimmen, diejenigen sind, auf welche man trifft, wenn man in horizontaler und verticaler Richtung von den betreffenden Bestimmungen des Halbmessers der Röhre und der Höhe der Kuppe ausgeht. Auch diese Tabelle ist auf Millimeter gestellt.

	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
0,5	4,975	8,912	12,560	12,616							
1,0	1,262	2,450	4,377	5,581	6,098	6,171					
2,0	0,299	0,595	1,152	1,643	2,037	2,338	2,541	2,658	2,681	2,699	2,712
3,0	0,121	0,242	0,476	0,695	0,839	1,066	1,206	1,316	1,397	1,449	1,483
4,0	0,068	0,120	0,240	0,354	0,464	0,546	0,530	0,702	0,758	0,805	0,838
5,0	0,034	0,069	0,138	0,205	0,247	0,299	0,308	0,390	0,428	0,468	0,476

Eine ausführlichere, Tabelle hat Delcros **) nach der Formel von Schleiermacher berechnet.

*) Delcros in Bibl. Univ. 1818. Mai. p. 1.

**) Bulletin de la soc. géol. de France. T. XII. p. 446. Pogg. Ann. Bd. LX. S. 377.

Halbmesser der Röhre mm	Höhe des Meniscus in Millimetern.																	
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
1,0	1,268	2,460	3,516	4,396	5,085													
1,2	0,876	1,715	2,484	3,162	3,728	4,190												
1,4	0,638	1,256	1,836	2,363	2,825	3,218	3,542											
1,6	0,484	0,955	1,404	1,820	2,196	2,528	2,812	3,050										
1,8	0,378	0,747	1,103	1,437	1,746	2,024	2,270	2,483	2,662									
2,0	0,302	0,598	0,885	1,158	1,413	1,648	1,859	2,046	2,209	2,348								
2,2	0,245	0,487	0,723	0,948	1,161	1,360	1,541	1,705	1,851	1,978	2,087							
2,4	0,203	0,403	0,599	0,787	0,966	1,135	1,292	1,436	1,565	1,680	1,780	1,866						
2,6	0,170	0,337	0,502	0,661	0,813	0,958	1,093	1,218	1,332	1,436	1,528	1,608	1,676					
2,8	0,143	0,285	0,425	0,560	0,691	0,815	0,932	1,041	1,142	1,235	1,318	1,392	1,456	1,511				
3,0	0,122	0,243	0,362	0,478	0,591	0,698	0,800	0,896	0,985	1,068	1,143	1,210	1,270	1,322	1,368			
3,2	0,105	0,209	0,312	0,412	0,509	0,602	0,691	0,776	0,855	0,928	0,995	1,057	1,112	1,161	1,203	1,238		
3,4	0,091	0,181	0,269	0,356	0,441	0,523	0,601	0,675	0,745	0,810	0,871	0,926	0,976	1,021	1,061	1,095		
3,6	0,079	0,157	0,234	0,310	0,384	0,455	0,524	0,590	0,652	0,710	0,764	0,814	0,860	0,901	0,938	0,970		
3,8	0,069	0,137	0,205	0,271	0,336	0,399	0,459	0,517	0,572	0,624	0,673	0,718	0,760	0,797	0,831	0,861	0,887	
4,0	0,060	0,120	0,180	0,238	0,295	0,350	0,404	0,455	0,504	0,551	0,594	0,635	0,673	0,707	0,738	0,766	0,790	
4,2	0,053	0,106	0,158	0,210	0,260	0,309	0,356	0,402	0,446	0,487	0,526	0,563	0,597	0,628	0,657	0,682	0,705	
4,4	0,047	0,094	0,140	0,185	0,230	0,273	0,315	0,356	0,395	0,432	0,467	0,500	0,531	0,559	0,585	0,609	0,630	
4,6	0,042	0,083	0,124	0,164	0,204	0,242	0,280	0,316	0,351	0,384	0,416	0,445	0,437	0,499	0,522	0,544	0,563	
4,8	0,037	0,074	0,110	0,146	0,181	0,215	0,249	0,281	0,312	0,342	0,370	0,397	0,422	0,445	0,467	0,486	0,504	
5,0	0,033	0,065	0,098	0,130	0,161	0,192	0,221	0,250	0,278	0,305	0,330	0,354	0,377	0,398	0,418	0,436	0,452	
5,2	0,029	0,058	0,087	0,116	0,144	0,171	0,198	0,224	0,248	0,272	0,295	0,317	0,337	0,356	0,374	0,390	0,408	0,418
5,4	0,026	0,052	0,078	0,103	0,128	0,153	0,177	0,200	0,222	0,244	0,264	0,284	0,302	0,319	0,336	0,350	0,364	0,376
5,6	0,023	0,047	0,070	0,092	0,115	0,137	0,158	0,179	0,199	0,218	0,237	0,255	0,271	0,287	0,301	0,315	0,327	0,338
5,8	0,021	0,042	0,062	0,083	0,103	0,122	0,142	0,160	0,178	0,196	0,213	0,228	0,243	0,257	0,271	0,283	0,294	0,304
6,0	0,019	0,037	0,056	0,074	0,092	0,110	0,127	0,144	0,160	0,176	0,191	0,205	0,219	0,231	0,243	0,254	0,264	0,273
6,2	0,017	0,034	0,050	0,067	0,083	0,099	0,114	0,129	0,144	0,158	0,172	0,185	0,197	0,208	0,219	0,229	0,238	0,246
6,4	0,015	0,030	0,045	0,060	0,074	0,089	0,103	0,116	0,130	0,142	0,154	0,166	0,177	0,187	0,197	0,206	0,214	0,221
6,6	0,014	0,027	0,041	0,054	0,067	0,080	0,093	0,105	0,117	0,128	0,139	0,150	0,160	0,169	0,178	0,186	0,193	0,200
6,8	0,012	0,024	0,037	0,049	0,061	0,072	0,084	0,095	0,105	0,116	0,126	0,135	0,144	0,153	0,160	0,168	0,174	0,180
7,0	0,011	0,022	0,033	0,044	0,055	0,065	0,075	0,085	0,095	0,105	0,114	0,122	0,130	0,138	0,145	0,152	0,158	0,163

Endlich hat Bravais*) die gegenüberstehende Tabelle (in Millimetern) berechnet, welche aber nicht die Höhe der Kuppe, sondern den Einfallswinkel der Quecksilberfläche gegen die Röhrenwand (dessen Bestimmung S. 734 erläutert worden) zu Grunde legt. Bravais hat nachgewiesen, daß seine Tabelle mit der von Delcros nahe dieselben Bestimmungen giebt, wenn man dabei auf die S. 734 erwähnte Irradiation Rücksicht nimmt.

Selbst ein gut ausgekochtes und ganz luftleerer Barometer fängt mit der Zeit etwas Luft und giebt dann den Luftdruck zu gering an. Am besten ist es wohl ein solches nach einiger Zeit durch Auskochen wieder luftleer zu machen, doch kann man den Einfluß der aufgenommenen Luft auch durch einen Versuch und eine darauf basirte Rechnung bestimmen. Wenn man nämlich die Quecksilbermenge in dem offenen Schenkel vermehrt oder vermindert, so wird dieses in einem luftleeren Barometer keinen Einfluß auf die Höhe der von der Luft getragenen Quecksilbersäule ausüben und wo sich ein solcher Einfluß zeigt, da kann man gewiß sein, daß sich über dieser Säule Luft befinde. Gesetzt man habe in den offenen Schenkel soviel Quecksilber zugesetzt, daß daselbst die Säule, wenn der Durchmesser dieses Schenkels auf jenen der Röhre reducirt worden, um a gestiegen wäre und es sei die Säule in der Röhre nur um b gestiegen, so rührt die Depression $a - b = y$ von der im leer sein sollenden Raume vorhandenen Luft her. Ist die unbekannte Spannkraft derselben $= e$, die Größe des Raumes über dem Quecksilber vor dem Zugießen einer neuen Quecksilbermenge entsprechend einem Cylinder vom Durchmesser der Röhre und einer Höhe h nach dem Zugießen einer solchen von der Höhe hb, so ist dadurch die Spannkraft der Luft in diesem Raume um y gewachsen und man hat $h : h - b = e + y : e$ und daher $e = \frac{(h-b)\,y}{b}$. Hat man für einen zweiten Versuch, bei welchem b′ und y′ dasselbe bedeuten, was beim ersten b und y bezeichneten, so ist wieder $h : h - b' = e + y' : e$ und daher aus beiden Proportionen $h = \frac{bb'\,(y'-y)}{by' - b'y}$ mithin auch h gegeben, wenn es nicht schon vorläufig bekannt sein sollte. Die Größe e ist jeder gemessenen Barometerhöhe an einem solchen Instrumente zuzusetzen **).

---

*) Ann. de Chim. et Phys. Sér. III. T. V. p. 492. Pogg. Ann. Bd. LVII. S. 539.

**) Baumgartner, Naturlehre. 8. Aufl. S. 166. Vgl. Kupffer in Pogg. Ann. Bd. XXVI. S. 446. u. Handwörterbuch der Chemie. Art. Barometer.

Rad. d. Röhren mm	Einfallswinkel 15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°	48°
2,0	0,733	0,869	1,003	1,135	1,265	1,392	1,516	1,635	1,749	1,857	1,962	2,063
2,2	0,643	0,765	0,836	1,003	1,115	1,225	1,334	1,441	1,542	1,638	1,729	1,817
2,4	0,566	0,677	0,786	0,891	0,991	1,088	1,185	1,278	1,365	1,450	1,530	1,607
2,6	0,506	0,604	0,700	0,794	0,884	0,971	1,055	1,137	1,214	1,289	1,361	1,429
2,8	0,451	0,539	0,625	0,709	0,791	0,869	0,943	1,015	1,033	1,150	1,214	1,274
3,0	0,405	0,483	0,560	0,636	0,709	0,780	0,845	0,909	0,970	1,028	1,084	1,138
3,2	0,364	0,434	0,503	0,571	0,637	0,700	0,759	0,816	0,871	0,923	0,972	1,020
3,4	0,327	0,390	0,452	0,514	0,573	0,629	0,682	0,734	0,784	0,831	0,874	0,917
3,6	0,294	0,351	0,407	0,462	0,515	0,566	0,614	0,661	0,706	0,748	0,787	0,825
3,8	0,266	0,317	0,367	0,416	0,463	0,510	0,554	0,596	0,637	0,674	0,710	0,744
4,0	0,239	0,285	0,330	0,374	0,417	0,459	0,499	0,538	0,574	0,608	0,640	0,670
4,2	0,215	0,257	0,298	0,338	0,377	0,414	0,450	0,485	0,518	0,549	0,578	0,605
4,4	0,195	0,232	0,269	0,305	0,340	0,374	0,406	0,438	0,467	0,495	0,521	0,546
4,6	0,176	0,210	0,244	0,276	0,307	0,337	0,367	0,395	0,422	0,447	0,471	0,493
4,8	0,159	0,190	0,220	0,249	0,277	0,305	0,332	0,357	0,381	0,404	0,425	0,445
5,0	0,144	0,172	0,199	0,225	0,250	0,275	0,299	0,322	0,344	0,365	0,384	0,402
5,2	0,131	0,156	0,180	0,204	0,227	0,249	0,270	0,291	0,311	0,330	0,347	0,363
5,4	0,119	0,142	0,164	0,185	0,205	0,225	0,244	0,263	0,281	0,299	0,314	0,328
5,6	0,108	0,128	0,148	0,167	0,185	0,203	0,221	0,238	0,254	0,270	0,284	0,296
5,8	0,097	0,116	0,134	0,151	0,167	0,184	0,200	0,215	0,230	0,244	0,256	0,268
6,0	0,088	0,105	0,122	0,138	0,153	0,167	0,181	0,195	0,208	0,221	0,232	0,242
6,5	0,068	0,081	0,094	0,106	0,118	0,129	0,140	0,151	0,161	0,170	0,178	0,187
7,0	0,052	0,062	0,073	0,083	0,092	0,101	0,109	0,117	0,125	0,131	0,138	0,144
7,5	0,040	0,048	0,056	0,064	0,071	0,078	0,084	0,090	0,096	0,101	0,106	0,111
8,0	0,031	0,037	0,043	0,049	0,054	0,060	0,065	0,070	0,074	0,078	0,082	0,086
8,5	0,024	0,028	0,033	0,038	0,042	0,046	0,050	0,054	0,057	0,060	0,063	0,066
9,0	0,018	0,021	0,025	0,029	0,032	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	0,051
9,5	0,014	0,016	0,019	0,022	0,024	0,027	0,029	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
10,0	0,011	0,013	0,015	0,017	0,019	0,021	0,023	0,025	0,026	0,028	0,029	0,031

Das Barometer ist, wie gesagt wurde, ein Instrument um die Größe des Luftdruckes zu messen. Man bedient sich desselben also zunächst, um die Veränderungen im Luftdrucke, welche an jedem Beobachtungsorte fortwährend erfolgen, zu beobachten. Die vom Luftdrucke getragene Quecksilbersäule ist bald länger bald kürzer. Die hin- und hergehende Bewegung des Quecksilbers im Barometer nennt man das Schwanken oder Oscilliren des Barometers und jede einzelne Verlängerung und Verkürzung der Säule nennt man eine Schwankung oder Oscillation. Da man aus den Barometerschwankungen die Bewegungen und Elasticitätsveränderungen, welche die Atmosphäre erleidet, erkennt, so ist über dieselben im Art. Atmosphäre der Erde ausführlich gesprochen werden.

Das Wetter hängt zum großen Theil von den Bewegungen und Elasticitätsveränderungen der Atmosphäre ab, daher hat man auch das Barometer als Wetteranzeiger vielfach zu benutzen gesucht und es Wetterglas genannt. Dieser Gebrauch des Barometers ist sogar der gewöhnlichste, und um ihn zu erleichtern, pflegen die Barometermacher an den Wettergläsern statt der Scalen Tabellen anzubringen, an welchen zu lesen ist, welches Wetter (sehr schön, schön, veränderlich, windig, regnerisch, sehr schlecht ꝛc.) dem jedesmaligen Barometerstande entsprechen soll. Trifft dann zufällig das Wetter mit diesen Bestimmungen zusammen, so sagen die, welche solche Instrumente bezahlt haben, ihr Barometer gehe richtig, trifft das Wetter aber nicht mit den Bestimmungen des Barometermachers zusammen, dann heißt es, das Wetterglas gehe falsch. Diese Wetterangaben sind etwas zuverlässiger als die des hundertjährigen Kalenders, aber viel größeren Werth haben sie auch nicht. Von den vielen Factoren, welche das Wetter bedingen, ist nämlich der Luftdruck einer, und ein wichtiger, aber doch nur einer, und daher nur geeignet, eine verständige Bestimmung über das bevorstehende Wetter zu gewähren, wenn man zugleich die übrigen Bedingungen, von denen das Wetter abhängt (namentlich Temperatur und Dampfgehalt), zu bestimmen und daraus die richtigen Folgerungen abzuleiten vermag. Ich werde hierauf in dem Art. Wetter zurückkommen. Da die Winde Erscheinungen der Bewegung in der Atmosphäre sind, so steht das Barometer mit den Winden in einem engen Zusammenhange, welchen ich im Art. Wind besprechen werde.

Das Barometer ändert aber seinen Stand auch, wenn die seiner Quecksilbersäule das Gleichgewicht haltende Luftsäule kürzer wird, und dies ist namentlich dann der Fall, wenn man sich mit einem Barometer der Grenze der Atmosphäre nähert, sei es, indem man sich durch Ersteigung von Bergen oder in einem Luftballon zu größeren Höhen erhebt. Die Abnahme der Länge der Quecksilbersäule des Barometers steht in so genauer Abhängigkeit von der Höhe, zu der man emporsteigt, daß das Barometer eines der vorzüglichsten Instrumente zur Höhenmessung geworden ist. Wir werden über diesen Gebrauch des Barometers im Art. Höhenmessung ausführlich sprechen.

Ein eigenthümlicher Gebrauch des Barometers und barometerartiger Apparate besteht noch zu denjenigen Versuchen, welche man in einem luftleeren Raume anstellen will, namentlich um das Verhalten von Gasen und Dämpfen in dem leeren Raum und die Spannkraft derselben zu beobachten. Man bringt dann die betreffenden Stoffe in die Torricelli'sche Leere eines Barometers. Als Beispiel beziehe ich mich hier nur auf die im Art. Absorption S. 39 beschriebenen Versuche.

Die Torricelli'sche Leere giebt noch zu Beobachtung eines interessanten elektrischen Phänomens Gelegenheit. Besonders in Barometerröhren aus gewissen Glassorten findet nämlich ein eigenthümliches Leuchten in der Torricelli'schen Leere statt, sobald man durch Neigen des Instrumentes eine Reibung des Quecksilbers an der inneren Glaswand der Röhre bewirkt. Dieses zuerst von Picard 1676 beachtete Leuchten ist in neuerer Zeit allgemein als ein elektrisches anerkannt worden, und es ist eine bekannte Thatsache, daß die Elektricität im luftverdünnten Raume weiter und mit einem phosphorischen Lichte sich ausbreitet. Es mag hierbei daran erinnert werden, daß J. W. Ritter *) schon im Jahr 1804 die Bemerkung machte, daß das stärkere oder schwächere Leuchten des Barometers in einem innern Zusammenhang stehe mit der bald größeren bald geringeren Wirksamkeit der Elektrisirmaschinen und Volta'schen Säulen, woraus er dann weiter folgerte, daß alle diese elektrischen Wirkungen nicht sowohl von dem Feuchtigkeitszustande der Luft, als von deren elektrischer Beschaffenheit abhängen. Ritter sagt über dieses Leuchten noch: J. Bernoulli glaubte entdeckt zu haben und de Luc behauptete noch in seinen Untersuchungen über die Atmosphäre, daß das Barometer nur dann leuchte, wenn das Quecksilber in der Röhre herab, nie, wenn es in ihr hinaufgehe. Wenn jedoch für sein Leuchten gerade ein sehr guter Tag ist, leuchtet es allerdings auch in diesem letzten Falle. Die Leere ist dann, so lange das Quecksilber hin- und hergeht, unaufhörlich voll Feuer; meist bemerkt man zwischen dem Wechsel der Lichtsäulen oder Kegel nicht die geringste Zeit; Eine und die Nämliche scheint bloß länger und kürzer zu werden. Das hellste Licht ist allemal gleich über dem Quecksilberspiegel, wo ein angenehmes Fünkchenspiel statt hat, während das feuerfarbige Licht in der Leere ein ruhiges ist.

Man hielt das Leuchten eine Zeit lang nach Du Fay **) für ein Zeichen davon, daß das Barometer gut ausgekocht sei. Indeß erklärte Muſſchenbroek ***) für eine Bedingung des Leuchtens die Gegenwart von etwas Luft. Danger †) hat in neuerer Zeit die Bemerkung gemacht, daß ein Quecksilbertropfen sehr leuchtend werde, wenn man ihn in einen luftleeren, aber mit Quecksilberdampf gefüllten Recipienten fallen lasse, daß dies aber nur in einer mittleren Temperatur stattfinde. Nimmt man hierzu noch die bekannte Erscheinung, daß Quecksilbertropfen in luftleeren oder richtiger mit stark verdünnter Luft gefüllten Glasröhren beim Schütteln leuchten, so dürfte sich wohl herausstellen, daß das Leuchten des Quecksilbers weder für die gute noch für die schlechte Beschaffenheit eines Barometers zeugt, sondern nur ein Beweis ist, daß das Glas der Röhre sehr geneigt sei, durch Reiben elektrisch zu werden. Wenn Bohnenberger ††) an seinem Normalbarometer die Erfahrung machte, daß es vor dem Auskochen leuchtete, nach demselben aber nicht mehr, so spricht schon die gleichzeitige Bemerkung, daß durch das Auskochen der Barometerstand nur um kaum 0,03 Linien erhöht wurde, dafür, daß nicht die Gegenwart von einem Antheil Luft das Leuchten vor dem Auskochen bedingt habe; es ist aber bekannt, daß durch das Erhitzen und langsame Abkühlen des Glases dessen Fähigkeit, durch Reibung elektrisch zu

*) Gilb. Ann. Bd. XIX. S. 240.

**) Hist. de l'Acad. 1700.

***) Deluc Recherches §. 69.

†) Compt. rend. T. XVI. p. 408. Pogg. Ann. Bd. LXVIII. S. 303.

††) Pogg. Ann. Bd. VII. S. 383.

werden, vermindert werde. Da im Allgemeinen das sprödeste Glas auch das am stärksten elektrische ist, so dürfte das Leuchten des Barometers auf eine leichte Zerbrechlichkeit der Glasröhre schließen lassen.

Die Beschreibung und Beurtheilung der meisten älteren Barometer siehe in De Luc, Recherches sur la Météorologie T. I. II. (De luc's Untersuchungen üb. die Atmosphäre. 2 Bde. Leipz. 1776.). — Allgemeine Schriften üb. Barometer sind: Mich. du Crest's kl. Schriften v. Barom. u. Therm., übers. v. J. C. Thenn. Augsb. 1770. — J. C. Hollmann, Nöth. Unterricht v. Barom. Götting. 1783. — Magellan's Beschr. neuer Barom. Leipz. 1782. Bülfinger in Com. Pet. I., 317. Bischof in Schweigg. Journ. Bd. XV. S. 397. J. F. Luz, Beschreibung von Barometern. Nürnb. 1784. 8. T. W. Voigt, Beiträge zur Verfertigung und Verbesserung des Barometers. Leipz. 1799. 8. Desselben Versuch kritischer Nachträge und Zusätze zu Luz Beschreibung 2c. Leipz. 1802. 8. F. Körner, Anleitg. zur Verf. übereinstimmender Therm. u. Barom. Jena 1824. — Nicholson, Anweisung zur Kenntniß 2c. aller Arten Bar. 2c. Quedlinb. 1834. — Schenkl, das Bar. Brünn 1842. — Benzenberg, einf. Reisebarom. Düsseld. 1811. Winkler, einf. Reisebar. Wien 1821. Eine sehr praktische Beschreibung der Herstellung von Barometern (im Vorhergehenden vielfach benutzt) von Baumgartner in dessen Naturlehre, Supplementband. — J. W. Fischer, der Bar. als Witterungsanzeiger. Wien 1827. — Vergl. Ritter, Grundlage zum Entwurf v. Tabellen, welche den auf die Normaltemp. v. 0° reduc. Barometerstand enthalten. Marb. 1847. Frost, Tafeln zur Correct. des Barom. auf 0°. Prag 1847.

Barometerprobe, s. Luftpumpe.

Barometrograph, s. Barometer.

Baroskop, s. Barometer.

Baryt, s. Baryum.

Baryum (v. d. griech. βαρύς, schwer) kommt in der Natur vor als schwefelsaurer (Schwerspath) und kohlensaurer (Witherit) Baryt, und ist ferner ein Bestandtheil des Barytocalcits, des Kreuzsteins, Brewsterits, gewisser Braunsteinarten und einiger anderer Mineralien, sowie auch einiger Mineralwässer. Davy stellte das Baryum zuerst dar, nachdem Berzelius und Pontin dessen Verbindung mit Quecksilber schon früher erhalten und Scheele schon im J. 1774 die Baryterde oder das Baryumoxyd entdeckt hatte. Das Baryumamalgam erhält man, wenn man einen zu einer Schale geformten Teig von Barythydrat, kohlensaurer, salzsaurer oder salpetersaurer Baryterde auf eine mit dem positiven Pole einer starken Volta'schen Batterie in Verbindung gesetzte Platinplatte stellt, mit Quecksilber füllt und in dieses den negativen Draht der Säule leitet. Das so sich bildende Baryumamalgam wird in einer verschlossenen, mit Steinöldampf angefüllten Röhre erhitzt, bis alles Quecksilber sich verflüchtigt hat. Weniger rein erhält man das Baryum, wenn man auf glühenden Baryt Kaliumdämpfe einwirken läßt oder Baryt in einem Kohlentiegel der Einwirkung des Knallgasgebläses aussetzt. Das Baryum ist silberweiß, jedoch wenig glänzend, es ist dehnbar und schwerer als Vitriolöl, schmilzt im verschlossenen Raume unter der Rothglühhitze und verflüchtigt sich nicht beim Glühen. Spec. Gewicht reichlich 4,0. Es oxydirt sich leicht an der Luft schon bei gewöhnlicher Temperatur und brennt an der Luft gelinde erhitzt mit dunkelrothem Lichte, im Knallgasgebläse mit chrysolithgrüner Flamme zu Baryt (Ba-

ryumoxyd, Schwererde, Baryterde); man erhält diese Substanz ferner durch Zersetzung des salpetersauren Baryts in der Glühhitze, durch Weißhitze eines Gemenges von kohlensaurem Baryt mit fein zertheilter Kohle in einem verschlossenen Thontiegel und nach Abich auch durch heftiges Glühen des kohlensauren Baryts bis zum Schmelzen im Sefström'schen Gebläseofen. Der Baryt ist eine grauweiße, leicht zerreibliche Masse, nach Fourcroy von 4,0, nach Karsten von ungefähr 4,7322 specif. Gewicht; er schmilzt vor dem Knallgasgebläse und im Brennpunkte des Brennspiegels, sowie in der heftigsten Weißglühhitze, wobei er dunkelgrau wird, an der Oberfläche bläulich; er ist von alkalisch ätzender Wirkung und außerdem giftig. Der Baryt zieht mit großer Begierde und Wärmeentwickelung Wasser aus der Luft an und durch Auflösung in heißem Wasser erhält man Krystalle von Barythydrat, die man auch erhält, wenn man das durch Glühen von Schwerspathpulver mit Kohle dargestellte Schwefelbaryum in Wasser löst und mit Kupferoxyd fällt; die abfiltrirte Flüssigkeit läßt man krystallisiren. Das Barythydrat bildet vier- oder sechsseitige Säulen, die mit vier Flächen zugespitzt sind. Die Krystalle verlieren beim Glühen reichlich 50 Proc. oder 9 At. Wasser und hinterlassen ein weißes, zerreibliches ätzendes Pulver, welches noch 1 At. oder 10,5 Proc. Wasser zurückhält, in schwacher Rothglühhitze zu einer weißen Masse von krystallinischem Gefüge schmilzt und dabei das Wasser nicht fahren läßt. Die kalte, wässerige, gesättigte Lösung heißt Barytwasser, welches wasserhell ist und alkalisch wirkt; 1 Th. trockner Baryt löst sich nach Osann bei 13° in 35, bei 47° in 7,5 und bei 70° in 5,6 Th. Wasser.

Baryumhyperoxyd bildet sich nach Gay-Lussac und Thénard, wenn man über schwach glühenden Baryt Sauerstoffgas leitet und zu schwach glühendem Baryt chlorsaures Kali zusetzt; von dem gebildeten Chlorkalium läßt es sich durch Auswaschen mit kaltem Wasser befreien. Der Baryt nimmt nämlich hierbei noch 1 Atom Sauerstoff auf und wird dadurch in Baryumhyperoxyd (BaO^2) verwandelt. Dieses bildet eine dunkelgraue schmelzbare Masse, die in heftiger Hitze in Baryt und Sauerstoff sich zersetzt, welches ebenfalls bei Behandlung mit heißem Wasser geschieht. Auch Kohle, Phosphor, Bor, Schwefel und Metalle zersetzen es in der Hitze unter Wegnahme des einen Atoms Sauerstoff, Schwefelwasserstoff schon in der Kälte. Mit kaltem Wasser übergossen bildet es ein weißes Hydrat, das nach Liebig und Wöhler 6 At. Wasser zu enthalten scheint und zur Darstellung des Wasserstoffhyperoxydes dient.

Zu vielen Säuren hat der Baryt von allen Basen die größte Verwandtschaft; die Barytsalze sind von den Salzen der Alkalien und alkalischen Erden die schwersten, farblos, im Wasser zum Theil schwer oder gar nicht löslich, dagegen mit Ausnahme des schwefelsauren Baryts in verdünnter Salzsäure und Salpetersäure auflöslich, und zeigen ferner, mit Ausnahme derselben Verbindung, giftige Wirkungen; die meisten färben, mit Weingeist übergossen, die Flamme desselben grünlichgelb. Der Baryt bildet neutrale, saure und basische Salze, mit Kohlensäure z. B. ein einfach-, anderthalb- und zweifach-, mit Borarsäure ein einfach-, zweifach- und sechsfach-, mit Phosphorsäure ein drittel-, halb-, zweidrittel- und einfach-saures Salz ꝛc., mit Schwefel erhält man ein einfach-, zweifach-, dreifach- und fünffach-Schwefelbaryum, und mit Chlor, Jod, Brom und Fluor Verbindungen, die, wie fast alle Barytsalze, sich in schönen Krystallen darstellen lassen. Der salpetersaure Baryt z. B. krystallisirt in weißen

durchsichtigen, luftbeständigen Oktaedern und Cubo-Oktaedern, das Chlorbaryum in weißen, durchscheinenden, dem zwei- und zweigliederigen Systeme angehörenden Säulen und Tafeln, die zuweilen die Form von doppelt achtseitigen Pyramiden annehmen; bei schnellem Eindampfen der Auflösung erhält man die Verbindung auch in dünnen Blättchen krystallisirt; der chlorsaure Baryt krystallisirt in farblosen durchsichtigen vierseitigen Säulen; der jodsaure Baryt bildet ein weißes körnig-krystallinisches Pulver; der schwefelsaure Baryt oder Schwerspath, welcher natürlich in mäßig harten geschoben vierseitigen Tafeln und vielen abgeleiteten Gestalten krystallisirt vorkommt (s. d. Art. Schwerspath), ist künstlich dargestellt ein geschmackloses, weißes, schweres, in starker Hitze schmelzbares, feuerbeständiges und in Wasser unlösliches Pulver; der kohlensaure Baryt, der als Witherit im Mineralreiche in sechsseitigen Säulen, an beiden Enden mit sechs Flächen zugespitzt vorkommt, welche scheinbar dem drei- und dreigliederigen Systeme angehören, in der That aber auf ein rhombisches zwei- und zweigliederiges Prisma von 118° 30′ und 61° 30′ zu beziehen sind, bildet künstlich dargestellt ein zartes weißes Pulver, welches giftig und geschmacklos ist, im Knallgasgebläse und heftigsten Gebläsefeuer schmilzt und dabei nach Abich alle Kohlensäure verliert.

Die qualitative und quantitative Bestimmung des Baryts bei analytischen Untersuchungen ist mit keinen Schwierigkeiten verbunden; nur wenige Stoffe lassen sich mit so großer Schärfe bestimmen; dieses beruht nämlich auf der Eigenschaft des schwefelsauren Baryts, in verdünnter Salz- und Salpetersäure unlöslich zu sein. Hat man den Baryt mittelst Schwefelsäure aus seiner Auflösung gefällt und filtrirt die Flüssigkeit, ehe der Niederschlag sich noch vollkommen abgesetzt hat, welches oft erst nach längerer Zeit geschieht, so pflegt die Flüssigkeit häufig sehr langsam und trübe durch das Filtrum zu gehen und man ist genöthigt, die Operation des Filtrirens nochmals vorzunehmen; dieser Fall tritt besonders ein und zwar oft auch, nachdem die Flüssigkeit völlig klar geworden ist, wenn man in einer neutralen Lösung einen Schwefelsäuregehalt mittelst Barytlösung zu bestimmen hat; nach Gräger läßt sich dieser Uebelstand vermeiden, wenn man die klar gewordene Flüssigkeit mittelst einer Pipette abhebt und zu dem Niederschlage starken Alkohol hinzufügt, das Filtrum ebenfalls mit Alkohol benetzt und später den auf dasselbe gebrachten Niederschlag mit Wasser vollständig auswäscht. In der Regel jedoch läßt sich namentlich der Baryt aus einer sauren Auflösung mittelst Schwefelsäure schnell und vollständig herausfällen und der Niederschlag leicht filtriren, wenn man nur vor dem Zusatze der verdünnten Schwefelsäure die Lösung fast bis zum Kochen erhitzt hat. Mittelst Kohlensäure oder kohlensauren Ammoniaks kann man den Baryt ebenfalls aus neutralen Lösungen herausfällen, jedoch weniger bequem und vollständig. — Von Kalkerde und Strontianerde trennt man die Baryterde am besten auf die Weise, daß man die letztere durch Kieselfluorwasserstoffsäure aus der die angeführten Substanzen enthaltenden sauren Flüssigkeit herausfällt. Das Kieselfluorstrontium und Kieselfluorcalcium bleiben in der sauren Flüssigkeit gelöst und können nach Zusatz von Schwefelsäure, Eintrocknen und Glühen zur weiteren Bestimmung mit kohlensaurem Natron zusammengeschmolzen werden. Der krystallinische Niederschlag von Kieselfluorbaryum wird abfiltrirt, ausgewaschen und mit dem zuvor gewogenen Filtrum getrocknet, dem Gewichte nach bestimmt und aus demselben der Gehalt an Baryterde berechnet. E. W.

Bascule, s. Wage.

Basen oder Salzbasen (v. d. griech. βάσις, Grundlage) sind einfache Verbindungen, welche in ihren Eigenschaften den Säuren entgegengesetzt sind; mit den Säuren bilden sie Salze und werden aus ihren Verbindungen mit denselben durch die Elektricität am negativen Pole der galvanischen Säule ausgeschieden (s. d. Art. Elektrochemie); sie sind also elektropositive Körper und werden durch die Elektricität weiter in Metall und Sauerstoff zerlegt. Auch nennt man oft in jeder Verbindung den elektropositiven Theil, also denjenigen, der bei der Zersetzung im Strome der Volta'schen Säule zum elektronegativen Pole wandert, die Base der Verbindung und das Wort ist in diesem Sinne oft gleichbedeutend mit dem Ausdrucke Radical; so ist z. B. im Wasser der Wasserstoff die Base der Verbindung; in der Regel bleibt jedoch der Begriff der Basis auf den elektropositiven Bestandtheil einer salzartigen Verbindung beschränkt. Die sauerstoffhaltigen Basen werden eingetheilt in Alkalien, alkalische Erden, Erden und schwere Metalloxyde (s. diese Artikel). Außer den gewöhnlichen Sauerstoffbasen spricht man auch von Schwefelbasen, Selen- und Tellurbasen, die man freilich in der Regel Sulfurete, Selenete und Tellurete nennt, und versteht darunter Verbindungen dieser Körper mit Metallen, die gegen andere Schwefel-, Selen- und Tellurmetalle sich elektropositiv, also als Basen verhalten und mit denselben zum Theil den Sauerstoffsalzen ähnliche und ihnen analog zusammengesetzte Verbindungen eingehen. Basische Salze nennt man solche, die mehr Base enthalten, als die sogenannten neutralen Salze; die Benennung basisch und neutral ist bei den Salzen eine relative und wird zuweilen ziemlich willkürlich einer salzartigen Verbindung beigelegt, die sich von einem andern aus denselben Bestandtheilen zusammengesetzten Salze nur durch einen größern oder geringern Basengehalt unterscheidet.

Basen, organische (Pflanzenalkalien, Alkaloide), nennt man gewisse, der organischen Welt angehörende, theils in der Natur vorkommende, theils erst künstlich darstellbare stickstoffhaltige Substanzen, welche die Eigenschaft besitzen, mit den organischen wie mit den unorganischen Säuren salzartige, meist krystallinische Verbindungen eingehen zu können, die in jeder Hinsicht den Salzen der Alkalien und Metalloxyde entsprechen, deren Stelle diese Pflanzenalkalien in ihrem Verhalten gegen Säuren auch unmittelbar zu vertreten im Stande sind. Im Jahre 1804 wurde die erste organische Base, nämlich das Morphin von Sertürner im Opium entdeckt und später von Pelletier und Caventon mehrere andere, denen bald eine ganze Reihe nachfolgte, so daß man jetzt von den in der Natur vorkommenden organischen Basen die folgenden hinsichtlich ihrer Eigenschaften, Zusammensetzung und Verbindungen schon ziemlich genau erforscht hat: Aconitin, Aricin, Atropin, Brucin, Chelerythrin, Chelidonin, Chinin, Cinchonin, Codein, Colchicin, Coniin, Corydalin, Cunarin, Daturin, Delphinin, Emetin, Hyoscyamin, Jervin, Morphin, Narcein, Narcotin, Nicotin, Pelosin, Pseudomorphin, Sabadillin, Solanin, Strychnin, Thebain und Veratrin. Zu den künstlich dargestellten organischen Basen gehören das Ammelin, Melamin, Krystallin, das Thiosinammin, Sinammin, Sinapolin, das Odorin, Ammolin und Animin. Die in der Natur fertig gebildet vorkommenden organischen Basen lassen sich meistens leicht aus dem wässerigen Extract der sie enthaltenden Pflanzen gewinnen, wenn man sie durch eine freie Mineralsäure von der mit ihnen verbundenen Säure abscheidet, die Lösung eindampft und nach der Concentration mit wässerigem Alkali mit Kalkhy-

drat oder kohlensaurem Natron etwas übersättigt, wo dann die Base wegen ihrer Schwerlöslichkeit in Wasser gewöhnlich niederfällt und durch Auflösen in Alkohol und Umkrystallisirung von den sie verunreinigenden Körpern, namentlich von Farbestoff, getrennt werden kann. Mit Gerbsäure gehen die Pflanzenbasen meistens eine unlösliche Verbindung ein, und mit vielen Mineralsäuren und organischen Säuren bilden sie schön krystallisirte saure, neutrale und Doppelsalze, aber keine basische. Einige der Pflanzenbasen lassen sich unzersetzt verflüchtigen und alle zeichnen sich, selbst noch in ihren Salzen, durch einen höchst bittern Geschmack und sehr giftige Wirkungen auf den thierischen Organismus aus. Gegen die Ansicht, welche die Alkaloide, die sämmtlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff bestehen, als Oxyde gewisser zusammengesetzter Radicale betrachtet, läßt sich deren Unzersetzbarkeit durch die elektrische Säule einwenden, und ferner, daß das Sauerstoffverhältniß derselben zu dem Sauerstoff der mit ihnen Verbindungen eingehenden Säuren nicht ein so einfaches zu sein scheint, wie dieses bei den unorganischen Basen der Fall ist. Dagegen hat die Liebig'sche Theorie der Pflanzenbasen viele Anerkennung gefunden; nach dieser Theorie sind nämlich die Pflanzenbasen als Verbindungen eines stickstofffreien Körpers mit Ammoniak zu betrachten, und zwar so, daß das Ammoniak in dieser Verbindung seine basische Eigenschaft gegen die Säuren und dieselbe Sättigungscapacität wie im freien Zustande beibehalten hat; die Pflanzenbasen wären also ganz ähnliche Verbindungen basischer Art, wie einige andere saure Verbindungen der organischen Chemie, namentlich die Verbindungen der Schwefelsäure mit gewissen Substanzen, von welchen wir hier die Naphthalin-, Aether-, Benzoeschwefelsäure anführen und in denen die Schwefelsäure ebenfalls dieselbe Sättigungscapacität, wie im freien Zustande, behalten hat. E. W.

Basis, Base, s. Grundlage.

Bathometer (v. d. griech. *βάθος*, Tiefe, und *μέτρον*, Maß), ein Instrument, um die Tiefen des Meeres zu messen. Diese Messung geschieht gewöhnlich unmittelbar mit dem Senkblei oder der Meeressonde. Diese ist eine starke hänfene Schnur, welche mit kleinen Lappen bunten Zeuges von Klafter zu Klafter eingetheilt ist, an welcher ein cylindrisches Bleigewicht von 20 bis 50 Pfund (oft noch viel mehr) hängt. Um die Beschaffenheit des Bodens im Meere kennen zu lernen, welches zu Bestimmung der geographischen Lage des Schiffes dienlich sein kann, macht man in den Boden des Gewichtes eine Höhlung, welche man mit Talg ausfüllt; in diesen drückt sich dann ein Theil der auf dem Grunde des Meeres liegenden Körper (Steine, Muscheln, Schlamm) ein und wird mit dem Gewichte heraufgezogen. Das Heraufziehen der langen Leine ist indeß sehr beschwerlich, wegen des an derselben anhängenden Wassers und dadurch bewirkter Reibung der Wassertheile an einander. Zudem erhält beim Fortrücken des Schiffes und besonders auch durch die Meeresströmungen, welche in verschiedenen Tiefen wechseln, die Leine eine schiefe oder gekrümmte Richtung, wodurch die Bestimmungen ungenau werden.

Das brauchbarste Instrument dieser Art gab Hook *) an. Es besteht aus zwei an einander gehängten Körpern, wovon der eine specifisch schwerer, der andere specifisch leichter ist als Wasser. Läßt man sie ins Wasser, so macht sich der leichtere alsogleich vom schwereren los, sobald er den Meeresboden erreicht hat, und steigt in die Höhe, so daß man aus der Zeit, welche vom Augenblicke des Unter-

*) Philos. Transact. T. I. No. 9. p. 147.

sinkens bis zum Emportauchen verfloß, die Tiefe berechnen kann. Diese Berechnung beruht auf folgenden Grundsätzen. Ein fallender Körper bewegt sich nach einem bekannten Gesetze mit beschleunigter Geschwindigkeit (s. d. Art. Fall). Er wird aber, sobald er in irgend einem Medium (Luft, Wasser u. dergl.) fällt, in dieser Bewegung aufgehalten, verzögert und zwar um so mehr, je dichter dieses Medium ist. Hook machte nun die Beobachtung, daß ein im Wasser fallender Körper nach kurzer Zeit von dem Medium, in welchem er sich bewegt, so aufgehalten wird, daß sich seine Geschwindigkeit nicht weiter beschleunigt, sondern er von da an mit gleichbleibender Geschwindigkeit sich fortbewegt, also in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt. In gleicher Weise verhält sich aber auch ein im Wasser vermöge seiner Leichtigkeit in Vergleich mit dem Wasser aufsteigender Körper. Für Seefahrer ist indeß auch das Hook'sche Instrument nicht brauchbar, weil in Folge der Bewegung des Schiffes und der Meeresströmungen der Ort sich nicht bestimmen läßt, wo der auftauchende Körper wieder zum Vorschein kommt, das Erscheinen desselben sich also auch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit beobachten läßt.

Desaguilliers und Hales *) schlugen vor, eine heberförmig gekrümmte, an einem Ende verschlossene und am anderen offenen Ende mit Theriak oder Honig verstopfte, übrigens mit Luft gefüllte Röhre in die zu messende Tiefe hinabzulassen, nach dem Wiederheraufziehen aber die Tiefe zu berechnen aus der Weite, bis zu welcher die stopfende zähe Flüssigkeit in die Röhre hineingedrückt worden. Nach dem Mariotte'schen Gesetze läßt sich nämlich aus dem Raume, auf welchen die Luft in der Röhre zusammengepreßt worden, leicht berechnen, bis zu welcher Tiefe es unter dem Meeresspiegel herabgelassen worden. So richtig die Theorie ist, so viele Schwierigkeiten stellen sich doch der Ausführung solcher Beobachtungen entgegen. Dies gilt auch von der Oersted'schen **) Verbesserung des Instrumentes, welcher zwei Gefäße, ein offenes und ein verschlossenes, durch eine krumme Röhre verbunden haben will, in der sich Quecksilber befindet, welches durch den Druck in der Tiefe in das Innere des geschlossenen Gefäßes gepreßt wird, in diesem liegen bleibt und aus seiner Quantität die Größe des Druckes in der Tiefe erkennen läßt.

Ich übergehe andere, noch complicirtere Apparate ***), welche gleich unpraktisch sind und vermöge ihrer Zusammensetzung unmöglich zuverlässige Resultate geben können. Ebenso wenig will ich hier die fälschlich auch als Bathometer bezeichneten Instrumente erwähnen, welche man erfunden hat, um Meereswasser aus der Tiefe herauf zu holen, namentlich auch um dessen Temperatur zu bestimmen; wir werden über diese Apparate im Art. Meer sprechen. Dagegen will ich noch die ausführlichere Beschreibung einer Verbesserung des gewöhnlichen Senkbleies mittheilen, welche von Aimé †) herrührt und wohl das Praktischste sein dürfte, was man zur Messung der Meerestiefe hat. Es beruht im Wesentlichen darauf, daß es dem Hauptübelstand abhilft, nach welchem das Senkblei aus größeren Tiefen nur sehr schwer und sehr langsam herauf zu ziehen ist. Das Instrument

*) Philos. Transact. T. XXXV. p. 417.

**) Comm. Bonon. T. V. P. I. p. 280.

***) Vergl. Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. II. S. 943. Bd. VI. S. 1614. In Gilbert's Ann. Bd. XXXIII. befindet sich ein Auszug aus einem Bericht von L'Eveque über A. von Stipriaan Luiscius' Beschreibung einer Meeressonde oder eines Bathometers 2c., welcher eine Uebersicht der älteren hierher gehörigen Erfindungen enthält.

†) Ann. de chim. et de phys. Sér. III. T. VII. p. 497. Pogg. Ann. Bd. LX. S. 412.

(Fig. I. u. II.) ist so eingerichtet, daß man das Senkblei oder überhaupt den schweren Körper, welcher den Apparat herunterzieht, in der Tiefe ablösen kann, um dann ohne denselben die Schnur desto leichter und schneller heraufziehen zu können. Es besteht aus einem kleinen Hohlcylinder von Kupfer, in welchen ein Stäbchen mit sanfter Reibung hineingeht. Der äußere Theil dieses Stäbchens endigt in einer kleinen Scheibe; der innere ist unten hakenförmig gekrümmt. Dieser Haken steht bei einer gewissen Stellung des Stäbchens vor einer in der Seitenwand des Cylinders angebrachten Oeffnung, entfernt sich aber von derselben, sowie das Stäbchen hinuntergeschoben wird. An den Enden des Cylinders sitzen zwei kleine Ringe: einer oben, um das Seil aufzunehmen, welches durch den Mittelpunkt der genannten Scheibe geht, der andere unten, zur Aufnahne eines Kupferstäbchens, welches in der Mitte ein Charnier hat und dadurch aufwärts gebogen und mittelst eines Ringes an seinem Ende auf den Haken gesteckt werden kann. In der Biegung hängt das Senkblei. Soll dieses abgelöst werden, so wird ein auf das Seil gesteckter Bleiring hinunter gelassen; dieser drückt auf die Scheibe, schiebt den Haken hinab und löst das Stäbchen aus, dieses schlägt um und das Stäbchen fällt ab. Der Kostenersparung wegen kann man das Senkblei durch Steine ersetzen. Bei den gewöhnlichen Peilungen belastet man das Seil nur mit der Hälfte des Gewichtes,

I.



II.



welches zum Zerreißen desselben erforderlich ist. Bei größeren Tiefen kann man es zu zwei Drittel oder drei Viertel dieses Gewichtes belasten und spart dadurch an Zeit, weil es dann schneller hinabsinkt. Auch ist man dabei der Senkrechtheit des Seiles sicherer. Da die Reibung des Seiles am Wasser seinem Durchmesser proportional ist, so ist es vortheilhaft, seidene Seile anzuwenden, die an Dichte wenig vom Meerwasser abweichen und eine größere Festigkeit besitzen als Hanfseile. Es ist auch gut, Seile von verschiedener Festigkeit an einander zu knüpfen, die festesten nach oben. Es ist auch vortheilhaft, zwei oder mehrere solcher Auslösungsapparate anzuwenden. Den ersten läßt man an einem dünnen Seile hinab, und wenn es bis zu solcher Tiefe gelangt ist, daß das Seil nicht mehr recht zieht, so bindet man es an den zweiten Apparat, dessen Seil wenigstens doppelt so großen Durchmesser hat, und läßt nun das Ganze langsam weiter hinunter, so daß das erste Seil senkrecht bleibt. Will man die Operation beenden, so läßt man einen kleinen Bleiring hinab, der den ersten Haken auslöst; nach einigen Minuten sendet man einen zweiten Ring hinunter von solcher Oeffnung, daß er über den ersten Apparat hinweggeht und vom zweiten das Gewicht abtrennt. Das Seil dieses unteren Apparates muß also neben dem ersten bis zum Beobachter hinaufreichen. Auf dieselbe Weise kann man, bei sehr großen Tiefen, einen dritten Apparat zu Hülfe nehmen, und um zu wissen, ob man den Grund erreicht hat, an den unteren ein mit Talg bestrichenes Blei binden. Die Festigkeit der Seile muß zuvor ermittelt sein. Auch ist zu bemerken, daß die Peilungen großer Tiefen, selbst bei stillem Wetter, nicht vom Schiffe aus unternommen werden können, weil, wegen der Winde, die selten ganz fehlen, und wegen der Strömungen an der Oberfläche des Meeres, das Seil immer abtreibt. Man muß sich auf ein Boot mit Ruderern begeben, die immer darauf achten, daß das Seil senkrecht sei.

Batterie, elektrische, s. Flasche.
Batterie, galvanische, s. Kette.
Batterie, magnetische, s. Magnet.

Bauchredner (lat. ventriloquus, franz. ventriloque, engl. ventriloquist) ist ein Mensch, welcher (wie man meint, mit Hülfe des Bauches) so zu sprechen versteht, daß die ihn Beobachtenden meinen, ein anderer von ihm verschiedener und entfernter Mensch rede.

Es ist gewiß, daß die Kunst des Bauchredens schon den Alten bekannt war. Schon in der Septuaginta wird derselben gedacht, wahrscheinlich wurden auch bei den Orakeln Bauchrednerkünste in Anwendung gebracht. In Griechenland muß es einen Bauchredner Eurikles gegeben haben, welcher sich seiner Kunst zum Wahrsagen bediente und von dem erzählt wurde, daß er einen Dämon (Geist) im Leibe gehabt habe. Von ihm hießen später alle Bauchredner Eurikles. Auch von den griechischen Aerzten wird von Bauchrednern gesprochen, und Galenus sagt: die Bauchredner (griech. Engastrimythen) hätten mit verschlossenem Munde geredet, wodurch es geschienen habe, als wenn sie aus dem Bauche redeten.

Die Bauchredner werden bei Ausübung ihrer Kunst sehr durch den Umstand unterstützt, daß sich das Gehör des Menschen leicht täuschen läßt, indem dasselbe nur schwer die Richtung, von welcher ein Schall kommt, unterscheiden kann. Spricht z. B. Jemand mit verstellter Stimme, besonders aus einiger Entfernung, und ist eine andere Person in seiner Nähe, welcher diese Stimme angemessener scheint, so werden wir anzunehmen geneigt sein, daß die letztere Person spreche. Die Täuschung wird vollständig sein, wenn wir an der wirklich sprechenden Person keine Bewegung der Lippen wahrnehmen. Wie leicht sich das Ohr täuschen lasse, sehen wir schon daraus, daß sehr häufig auf dem Theater eine Person sich benimmt, als wenn sie ein in ihren Händen befindliches Instrument spiele, während dasselbe in der That hinter den Coulissen oder im Orchester gespielt wird. Macht der Schauspieler die gehörigen Bewegungen, so ist es leicht, die Zuschauer so zu täuschen, daß sie glauben, er spiele in der That selbst das Instrument. Großes Aufsehen haben in vielen Städten Europa's die Vorstellungen Alexanders gemacht. Dieser bewirkt die Täuschung nicht allein durch seine Bauchrednerkünste, sondern vorzüglich auch durch seine Gewandtheit und Schnelligkeit im Umkleiden und durch die Kunst, sich unsichtbar zu machen. Er tritt z. B. als betrunkener Kutscher auf das Theater, setzt sich auf einen Stuhl und legt sich fortwährend sprechend mit dem Kopfe auf einen seiner Arme, gleichsam um einzuschlafen; indeß zieht er sich unter dem Hute und aus dem Mantel unvermerkt heraus, gelangt durch eine Versenkung von der Bühne, und während die Zuschauer glauben, er befinde sich noch in der Kleidung des Kutschers auf der Bühne, tritt er z. B. als reisender Gentleman auf die Bühne. Er kann sich nun sogar, indem er bald die Sprache des Engländers, bald die des betrunkenen Kutschers nachahmt, mit dem letzteren unterhalten, und die Zuschauer werden leicht zu täuschen sein, weil sie ja den Kutscher noch immer in seiner früheren Stellung da liegen sehen. Auch die Kunst, die Stimme so zu dämpfen, als wenn sie aus einem entfernten oder verschlossenen Orte käme, bewirkt leicht Täuschungen. So sehen wir Alexander als einen fetten ältlichen Mann in einen Kasten kriechen, welchen er über sich zufallen läßt. Durch eine Versenkung von der Bühne entfernt, tritt Alexander gleich darauf als ein magerer bartloser Bedienter auf, sucht den alten Herrn in seinem Versteck, spricht mit

ihm, indem er die Stimme des alten Herrn so dämpft, als wenn sie aus dem Kasten käme; ja er öffnet und schließt abwechselnd den Kasten, indem er zugleich bald mit gedämpfter, bald mit hellerer Stimme den alten Herrn reden läßt, dazwischen auch mit der Stimme eines Bedienten hineinredet.

Man erzählt sehr viel Anekdoten von Bauchrednern, wie dieselben ihre Kunst theils zu scherzhaftem, theils zu böswilligem Betruge benutzt haben. Wir wollen nur einige mittheilen, welche zeigen, wie diese Kunst zu vermeintlich übernatürlichen Dingen benutzt worden und dadurch den Aberglauben zu befördern und zu bestätigen gedient hat.

St. Gille, ein Gewürzkrämer von St. Germain en Laye, von dessen Leistungen Abbé de la Chapelle Nachricht gegeben hat, flüchtete vor dem Ungemach des Wetters in ein benachbartes Kloster, dessen Mönche in tiefer Trauer über ein sehr geschätztes Mitglied ihrer Gesellschaft waren, das erst vor Kurzem beerdigt wurde. Beklagend am Grabe des hingeschiedenen Bruders die geringe Auszeichnung, welche sie seinem Andenken gewähren konnten, hören sie plötzlich eine Stimme vom Chor herab, die den Zustand des Verstorbenen im Fegefeuer beweint und der Brüderschaft wegen ihres Mangels an Eifer Vorwürfe macht. Die Kunde dieses übernatürlichen Ereignisses versammelt alle Mönche in der Kirche. Die Stimme von oben wiederholt ihre Klagen und Vorwürfe, und der ganze Convent fällt nieder auf das Antlitz, gelobend den begangenen Fehler wieder gut zu machen. Demzufolge stimmen sie in vollem Chor ein de profundis an, wo dann während der Pausen der Geist des verstorbenen Mönches seine Zufriedenheit mit ihren frommen Leistungen äußerte. Der Prior eiferte nachmals gegen die Zweifelsucht unserer Tage an der Wahrheit von Geistererscheinungen, und St. Gille hatte die größte Mühe, die Brüderschaft von dem ihr gespielten Betruge zu überzeugen.

Ein anderer Bauchredner, Ludwig Brabant, Kammerdiener von Franz I., hatte ein Liebesverständniß mit einer reichen Erbin angeknüpft, wurde jedoch von den Aeltern des Mädchens, die diese Heirath für unpassend hielten, abgewiesen. Nach des Vaters Tode machte Ludwig der Witwe einen Besuch. Kaum hatte er das Haus betreten, als sie die Stimme des verstorbenen Gatten von oben erschallen hörte, die ihr sagte: „Gieb meine Tochter dem Ludwig Brabant, der ein Mann von großem Vermögen und vortrefflichem Charakter ist. Ich erleide die härtesten Qualen des Fegefeuers, weil ich sie ihm verweigerte. Gehorche dieser Ermahnung und schenke der Seele deines armen Gatten ewige Ruhe.“ Diesem ehrwürdigen Befehle konnte nicht widerstanden werden und die Witwe erklärte ihre Einwilligung. Als jedoch der junge Ehemann zu seiner neuen Einrichtung Geld brauchte, entschloß er sich durch Furcht auf einen gewissen Cornu, einen alten Banquier zu Lyon, zu wirken, der durch Wucher und Erpressungen ein bedeutendes Vermögen erworben hatte. Er veranstaltete eine Zusammenkunft mit dem Geizhalse, brachte das Gespräch auf Dämonen und Geister und die Qualen des Fegefeuers. Als die Unterhaltung einige Zeit schwieg, ließ sich die Stimme des verstorbenen Vaters des Geizhalses hören, der über seine unglückliche Lage im Fegefeuer wehklagte und es seinem Sohne zur Pflicht machte, ihn daraus dadurch zu erlösen, daß er die in türkischer Gefangenschaft befindlichen Christen loskaufe. Zugleich wurde dem von Schreck ergriffenen Geizhalse die ewige Verdammniß gedroht, wenn er nicht auf diese Art eine Sühne für seine Sünden darbrächte. Der Geizhals hielt jedoch seinen Mammon mit starker Hand so fest, daß der Bauchredner zu

einem zweiten Besuche genöthigt war. Bei dieser Gelegenheit wandte sich nicht bloß sein Vater, sondern alle seine verstorbenen Verwandten an ihn, daß er für das Heil seiner und ihrer Seelen sorgen möge. Diese Klagen waren so laut, daß die Seele des Banquiers besiegt wurde und er dem Bauchredner zehntausend Kronen gab, um die christlichen Gefangenen loszukaufen. Als späterhin der Geizhals enttäuscht wurde, so war die Kränkung für ihn so groß, daß sie ihm den Tod zugezogen haben soll.

Comte hat besonders großes Aufsehen gemacht. Unter andern veranlaßte er zu Tours das Aufbrechen einer Bude, aus welcher ein vor Hunger Sterbender um Rettung bat, setzte in Rheims die Einwohner in Schrecken, als die Todten zu reden anfingen, ließ zu Nevers einen Esel reden und sich weigern, seinen Führer länger zu tragen, heilte mehrmals Gemüthskranke durch das Austreiben der bösen Geister, verjagte einst aus einer Kirche eine Menge revolutionärer Bilderstürmer dadurch, daß er die Statuen reden und ihnen ihren Vandalismus vorwerfen ließ, rettete sich aber selbst im Canton Freiburg gegen die Bauern, welche ihn als Schwarzkünstler in einen Ofen werfen wollten, nur dadurch, daß er eine fürchterliche Stimme aus demselben erschallen ließ, wodurch die Eiferer verjagt wurden.

Wie im Alterthume, so wird die Bauchrednerkunst auch noch in unsern Zeiten bei ungebildeten Völkern als Zauberei ausgeübt. So fand Capitain Lyon unter den Eskimaux von Igloolik Bauchredner von großer Geschicklichkeit. Er erzählt: Unter unsern Iglooliker Bekannten waren zwei weibliche und einige männliche Zauberer; unter letzteren war Toolemak der vornehmste. Dieser war verschlagen und verständig und wurde entweder wegen seines Standes oder wegen der Erfahrung in der Jagd oder vielleicht wegen beider vom ganzen Stamme als ein Mann von Wichtigkeit betrachtet. Da ich stets seinen Ansichten in Allem, was auf seinen Beruf Beziehung hatte, einen besondern Vorzug einräumte, so theilte er mir offen seine höheren Kenntnisse mit, und trug kein Bedenken, mir die Erlaubniß zu ertheilen, bei seiner Zusammenkunft mit Tornga, dem ihn beschützenden Geiste, zugegen zu sein. Demzufolge ersuchte ich meinen Freund, mir sobald als möglich seine Geschicklichkeit in meiner Kajüte zu zeigen. Seine alte Frau war bei meiner Bitte zugegen und durch einige Schmeicheleien, das zufällige Vorzeigen eines glänzenden Messers und einiger Korallen erwarb ich mir ihre Fürsprache. Es wurde Alles verfinstert, der Zauberer richtete mit großer Heftigkeit einen Gesang an seine Frau; sie erwiderte dies durch das Singen des Amna-aya, welches, so lange die Ceremonie dauerte, ununterbrochen fortgesetzt wurde. So weit ich es durch das Gehör unterscheiden konnte, fing er nochmals an, mit großer Heftigkeit sich im Kreise herumzudrehen und mit lauter kräftiger Stimme und Ungeduld Tornga herbeizurufen, wobei er zu gleicher Zeit wie ein Wallroß schnaubte und blies. Das Geräusch, welches er machte, sowie seine Ungeduld und Heftigkeit nahmen mit jedem Augenblicke zu. Zuletzt setzte er sich auf das Verdeck, veränderte seine Töne und raschelte mit den Kleidern. Auf einmal schien die Stimme gedämpft und wurde so behandelt, daß es schien, als wenn er sich unter das Verdeck zurückziehe; sie wurde mit jedem Augenblicke ferner und zuletzt schien es, als wenn sie mehrere Fuß tief unter der Kajüte herkäme, worauf sie gänzlich verstummte. Die Frau antwortete auf meine Fragen: er habe untergetaucht und würde jetzt Tornga heraufsenden. Demgemäß hörte man nach einer halben Minute ein entferntes Blasen, welches sich langsam näherte, und eine von der ersten verschiedene Stimme

mischte sich zuweilen mit dem Blasen, bis endlich beide Töne deutlich wurden und mir nun die alte Frau sagte: Tornga sei gekommen, meine Fragen zu beantworten. Ich that demzufolge mehrere Fragen an den scharfsinnigen Geist; auf jede derselben erfolgten zwei laute Schläge auf das Verdeck, was, wie mir gesagt wurde, ein günstiges Zeichen war.

Eine sehr hohle, jedoch kräftige Stimme, ganz verschieden von den Tönen des Toolemak, sang jetzt einige Zeit und ein furchtbarer Wirrwarr von Zischen, Seufzen, Schreien und Kollern wie ein türkischer Hahn folgten rasch auf einander. Die alte Frau sang mit verstärkter Kraft, und da ich es für ausgemacht annahm, daß dieses alles geschehe, um den Kablorna in Schrecken zu setzen, so rief ich wiederholt: daß ich mich sehr fürchte. Dies war, wie ich erwartete, Nahrung für das Feuer, bis endlich der arme Unsterbliche, durch seine eigene Macht erschöpft, um Erlaubniß bat, sich zurückzuziehen.

Die Stimme nahm nach und nach ab, wie anfänglich, und es folgte ein sehr undeutliches Zischen; beim weiteren Fortgange klang sie wie der Ton, welchen der Wind auf der Baßsaite einer Aeolsharfe hervorbringt. Dieser Ton verwandelte sich bald in ein rasches Zischen wie das einer Rackete und mit lautem Geheul verkündigte Toolemak seine Rückkehr. Bei dem ersten entfernten Zischen hielt ich meinen Athem an und athmete zweimal aus; der Zauberer hingegen athmete nicht ein einziges Mal und selbst das Geheul bei der Wiederkehr wurde ausgestoßen ohne vorhergehenden Einhalt oder Einathmen der Luft.

Es wurde Licht gebracht. Der Zauberer befand sich, wie man erwarten konnte, in einem starken Schweiß und durch seine Leistungen, die wenigstens eine halbe Stunde gedauert hatten, gewiß sehr erschöpft. Wir bemerkten jetzt ein paar Büschel, von denen jeder aus zwei Streifen von der Haut eines weißen Hirsches bestand, und ein langes Stück Sehne, das an dem Rücken seines Gewandes befestigt war. Diese waren früher von uns nicht bemerkt worden, und wir erfuhren, daß, während er unten war, Tornga dieselbe angenähet habe *).

Fragt man einen Bauchredner, wie er seine Kunst ausübe, so weiß er keine bestimmte Auskunft zu geben. Daher ist die sogenannte Bauchrednerkunst richtiger eine natürliche Geschicklichkeit als eine Kunst zu nennen, indem sich keine Mittel angeben lassen, durch welche ein Jeder, wenn auch in geringer Vollkommenheit, dieselbe erlernen könnte. Einige haben geglaubt, die Bauchredner sprächen nicht beim Ausstoßen, sondern beim Einziehen der Luft, also gleichsam nach innen; allein diese Annahme ist unrichtig. Nach Hallé, Pinel und Percy beruht das Wesen des Bauchredens in derjenigen Modification der Stimme, welche durch die Resonanz des Gaumens, der Zähne, der Lippen und der andern Sprachwerkzeuge hervorgebracht wird, insbesondere aber in einer sichtbaren Zusammenziehung und Verengerung der Brust, wodurch diese ihre Resonanz verlieren soll. Hiermit stimmt die Aussage eines Bauchredners von großer Fertigkeit überein, er habe sich anfangs Brust und Bauch durch eine Binde zusammengeschnürt, später aber pflege er nur zuweilen durch einen Druck der Hand gegen die Seite die Anstrengung der Bauchmuskeln zu erleichtern **).

---

*) Priv. Journ. of Cap. Lyon. Lond. 1824. p. 358. 361. Brewster's Brief üb. nat. Magie. Uebers. v. Wolff. Berlin 1833. S. 213.

**) Voigt's Magazin. Bd. II. S. 240.

Autenrieth *), Gough **) und Gilbert ***) haben über die Kunst des Bauchredens wissenschaftliche Bemerkungen gemacht, ohne den Gegenstand erschöpfen zu können. Das Gründlichste, was über denselben gesagt worden, ist wohl folgende Aeußerung von Müller †). „Ich bin im Stande, durch Anwendung der sogleich anzugebenden Mittel sehr geläufig in den Tönen der Bauchredner zu sprechen, und ich bin überzeugt, daß die Bauchredner sich dieses Mittels bedienen müssen. Zu diesem Zwecke inspirire ich tief, so daß das abwärts steigende Zwergfell die Baucheingeweide stark nach vorwärts treibt; nicht während der Inspiration bilde ich dieses eigenthümliche Register von Tönen, um welche es sich handelt, sondern beim Ausathmen, aber das Ausathmen ist eigenthümlich, es geschieht bei ganz enger Stimmritze, sehr langsam durch Contraction der Brustwände, während das Zwergfell seine Stellung wie bei der Inspiration behauptet und der Bauch also während des Sprechens bei der Exspiration aufgetrieben bleibt. Durch Intonation bei ganz enger Stimmritze und schwachem Anspruch mit den bloßen Seitenwänden der Brust ohne die Bauchmuskeln entsteht das eigene Timbre der Töne dieses Registers. Man kann auf diese Art Töne bilden, wie der Ruf eines Menschen aus weiter Ferne. Anfangs glaubt man, weil der Bauch beim Reden angeschwollen bleibt, das Bauchreden geschehe bei der Inspiration; man kann sich aber bald überzeugen, daß man wirklich exspirirt; denn wenn man so lange das Bauchreden fortgesetzt hat, bis man keinen Athem mehr hat, so ist die Brust immer enger geworden und es ist, wenn kein weiterer Ton aus Mangel an Luft in der Windlade mehr möglich ist, nun wieder eine Inspiration nöthig."

Becherapparat, s. Kette.

Bedeckung der Gestirne. Die Bedeckung oder Occultation eines Gestirns geschieht, wenn, von einem Standpunkte der Erdoberfläche aus gesehen, ein der Erde näheres Gestirn ein entfernteres Gestirn theilweise oder ganz scheinbar bedeckt. Es kann mithin der Mond die Sonne oder einen Planeten oder auch einen Fixstern, ein Planet einen andern Planeten oder auch einen Fixstern bedecken. Die Bedeckung der Sonne durch den Mond heißt, je nach den verschiedenen möglichen Umständen, eine partielle, ringförmige oder totale Sonnenfinsterniß (s. d. Art. Sonnenfinsterniß); aber die Bedeckungen der Planeten unter sich sind große astronomische Seltenheiten. Es werden daher unter Bedeckungen im engern, gewöhnlichen Sinne bloß die der Planeten und Fixsterne durch den Mond verstanden; die letztern können natürlich sehr häufig vorfallen. Eine jede Bedeckung ist offenbar keine wirkliche Verdeckung, sondern ein bloß scheinbares Phänomen, dessen Stattfinden, Dauer, Größe und Form von dem Stande der Erde gegen den bedeckenden und den bedeckten Himmelskörper, sowie von der Lage des Beobachtungsortes auf der Erdoberfläche abhängt. Man muß also die Parallaxe berücksichtigen, da diese eine Bedeckung für zwei, in verschiedenen geographischen Breiten wohnende, Beobachter auch verschieden wahrnehmen läßt; ja es kann sogar eine Bedeckung z. B. in Nordamerica stattfinden, während man in Mexico nichts von dieser Bedeckung wahrnimmt. Hierbei wird jedoch nicht etwa

*) Mem. of Manchester. Vol. V. part. 2.

**) Gilb. Ann. Bd. XXXVIII. S. 95.

***) Gilbert's Ann. Bd. XXXVIII. S. 110. Gilbert beruft sich auf die Mittheilungen des geschickten Bauchredners Charles, dessen Leistungen er auch beschreibt.

†) Handbuch der Physiologie. Bd. II. S. 240.

der vielleicht sehr große Mittagsunterschied berücksichtigt, d. h. nicht der Umstand, daß die Bedeckung für den einen Ort am Tage, für den andern Ort bei Nacht vorfällt. — Im Allgemeinen werden bei einer Bedeckung zwei Momente unterschieden: der Eintritt (Immersio) und der Austritt (Emersio). Jener ereignet sich, sobald ein Gestirn das andere zu bedecken beginnt, dieser aber, sobald das bedeckte Gestirn anfängt, hinter dem bedeckenden Gestirn wieder hervorzutreten. Diese beiden Momente geschehen bei den Sternbedeckungen gewöhnlich plötzlich; doch geschieht es bisweilen auch, daß ein Stern den Mondrand gleichsam nur streift, also der Stern abwechselnd hinter Randgebirgen verschwindet und wieder hervortritt, was sehr interessant zu beobachten ist. Dagegen finden bei den Bedeckungen von Sonne und Mond, Mond u. Planeten, Planeten u. Planeten offenbar zwei Eintritte und zwei Austritte, innere und äußere (innere und äußere Berührung der Ränder), statt. — Eine an zwei Orten auf der Erdoberfläche wirklich beobachtete Bedeckung läßt sich, wegen der großen Genauigkeit, mit der solche Beobachtungen angestellt werden können, ganz besonders zu Längenbestimmungen anwenden (mehr hierüber siehe im Art. Breite und Länge, geographische), weshalb man auch in den astronomischen Ephemeriden die Bedeckungen im Voraus berechnet mitzutheilen pflegt. J.

Beobachtung ist in der Physik das wesentliche Mittel, Erfahrungen zu sammeln. Man pflegt gewöhnlich die Beschäftigungen der Physiker in Beobachtungen und Versuche oder Experimente zu theilen, so nämlich, daß bei der Beobachtung der Physiker seine Aufmerksamkeit auf den Vorgang einer Naturerscheinung richtet, während er beim Versuche die Erscheinung selbst veranlassen oder, was die Natur im Großen vollführt, im Kleinen nachahmen will. So kann man ein Gewitter beobachten, wenn man sein Augenmerk auf den Vorgang der Erscheinung richtet; man kann es aber auch in einem Versuche mittelst einer Elektrisirmaschine nachahmen. Indeß wird jeder Versuch für die Wissenschaft unnütz und fruchtlos sein, wenn nicht wieder auch an ihn eine Beobachtung geknüpft ist. Die Kunst, richtig und genau zu beobachten, macht den guten Physiker aus und ist nicht so leicht, als es den Anschein haben mag. Nicht allein ist es nöthig, daß der Beobachter gute Sinnesorgane habe, sondern er muß auch vorurtheilsfrei sein, welches sehr schwer ist. Die Unwissenheit giebt eine große Menge von Vorurtheilen, ebenso viele aber auch eine gewisse Halbbildung, welche sehr häufig das Augenfälligste nicht sehen will, bloß weil sie selbstgefällig abspricht, daß es nicht möglich wäre, weil sie es nicht zu begreifen im Stande ist. Diese letzte Art von Vorurtheilen hat der Wissenschaft mehr Schaden gethan als die der Unwissenheit. Man kann sich indeß auch leicht überreden, etwas wahrzunehmen, was gar nicht vorhanden ist. Dies wird besonders begünstigt durch die Trüglichkeit aller Sinne des Menschen. Es ist bekannt genug, daß alle Sinne täuschen, was so weit geht, daß wir von keiner einzigen Beobachtung behaupten können, daß die aus ihr gewonnene Erfahrung, das Resultat, völlige Schärfe und Bestimmtheit habe. Derjenige Sinn, welcher am meisten bei Beobachtungen benutzt wird, weil er unter allen der schärfste und deutlichste ist, ist das Gesicht. Es ist dieses zugleich auch der einzige Sinn, dem man mit Hülfe besonderer Instrumente zu den Beobachtungen eine noch größere Schärfe zu geben versteht, mit Brillen, Fernröhren, Mikroskopen, Lupen. Man unterscheidet hiernach Beobachtungen, welche mit freiem oder bloßem Auge, und Beobachtungen, welche mit bewaffnetem Auge angestellt sind. Um Beobachtungen mit bewaffnetem Auge anstellen zu können, ist es nöthig, daß

man mit den betreffenden Instrumenten umzugehen verstehe. Bei Versuchen ist überdies noch nöthig, daß man genaue Kenntniß der in Bewegung zu setzenden Kräfte und der Mittel, sie zu erregen, also auch der Instrumente, die zu benutzen sind, habe. Aber auch bei der größten Geschicklichkeit und den umfassendsten Kenntnissen, bei den schärfsten Sinnen lassen sich doch keine Beobachtungen von absoluter (vollkommener) Schärfe des Resultates anstellen. Es ist daher nöthig, daß man weiß, bis zu welchem Grade die Resultate genau sind.

Um bestimmter den bei einer Beobachtung erreichten Grad von Genauigkeit anzugeben, muß man eines theils wissen, wie weit die Genauigkeit des angewandten Sinnes geht, anderntheils aber auch, wie weit die Genauigkeit der angewandten Instrumente sich erstrecke *).

Um bis zu einem gewissen Grade genaue Resultate zu erhalten, pflegt man unter denselben Umständen dieselben Beobachtungen zu wiederholen, oder man führt unter verschiedenen Umständen gemachte Beobachtungen derselben Erscheinung auf gleichmäßige Umstände zurück (reducirt sie); so z. B. pflegt man Barometerbeobachtungen auf diejenige Temperatur, welche das Wasser im Gefrierpunkte hat, zu reduciren. Man hält nun diejenigen Resultate für die richtigeren, in welchen die meisten Beobachtungen übereinstimmen, oder die einzelnen Resultate für so weit richtig, als sie mit den meisten Resultaten der anderen Beobachtungen übereinstimmen.

Wenn von einer durch Beobachtungen zu ermittelnden Größe, z. B. von der Pendellänge unter einer bestimmten geographischen Breite, viele Beobachtungen, die sämmtlich für gleich gut unter einander gehalten werden, vorhanden sind, so werden dennoch diese erhaltenen Pendellängen noch etwas unter sich differiren. Indessen wird sich bald zeigen, daß gewisse Zahlen öfter vorkommen als die übrigen, welche zwar von jenen in kleinern oder größern Entfernungen abstehen, aber doch um sie herum gruppiren werden. — Man könnte nun, was auch meistens geschieht, von n erhaltenen Resultaten $r_1, r_2, r_3, \dots r_n$, von denen die zu sehr abweichenden bereits ausgeschlossen worden, das sogenannte arithmetische Mittel $M = \frac{1}{n}(r_1 + r_2 + r_3 + \dots r_n)$ berechnen und als das gesuchte wahre Resultat gelten lassen, welches, gleichsam als mittlere Beobachtung, ebenso im Allgemeinen, wie die einzelnen Beobachtungen, noch etwas fehlerhaft sein wird. Jedoch muß aller Wahrscheinlichkeit nach der Fehler von M weit kleiner sein als der Fehler jeder einzelnen Beobachtung, da auf ihn jene oben erwähnten ersten Zahlen ganz besonders einwirken müssen, so daß also diese letztern immer sehr nahe um M herumliegen und die Differenzen derselben mit M theils positiv, theils negativ, immer aber verhältnißmäßig nur klein ausfallen werden. Wie aber die Größe dieser Differenzen sowohl, als auch der Fehler jeder einzelnen Beobachtung und des arithmetischen Mittels M bestimmt werden könne, zeigt die auf Principien der Wahrscheinlichkeitsrechnung gegründete eigenthümliche Rechnung, welche den Namen Methode der kleinsten Quadrate führt, die, da man die absolute Größe der Fehler und daher auch die Wahrheit selbst nicht direct zu bestimmen im Stande ist, wenigstens lehrt, wie man sich der Wahrheit nähern, d. h. wie man zu irgend einer bestimmten Schätzung der Wahrscheinlichkeit, deren sich die einzelnen Beobachtungsresultate und die Größe M erfreuen, gelangen könne. Weil aber hier nicht der Ort sein kann, die

*) Vergl. Baumgartner's Naturlehre. Bd. II. S. 8.

Theorie der Methode der kleinsten Quadrate umständlich vorzutragen, indem eine solche Darstellung sich nur mit Hülfe der höhern Analysis vollkommen deutlich geben läßt*), so wollen wir bloß die so große und wichtige Anwendung dieser Methode auf eine möglichst instructive Weise zu zeigen suchen, d. h. ihren praktischen Theil hervorheben. Die ganze Theorie der kleinsten Quadrate beruht auf dem Satze von der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeit. Wenn nämlich φx_1, φx_2, φx_3, ... die Wahrscheinlichkeiten bezeichnen, daß x_1, x_2, x_3, ... die Fehler der 1., 2., 3., ... Beobachtung seien, so wird allgemein die (zusammengesetzte) Wahrscheinlichkeit W, daß in der Reihe aller Beobachtungen dann für jede einzelne Beobachtung die Fehler x_1, x_2, x_3, ... zusammentreffen, dargestellt sein durch den analytischen Ausdruck $W = \varphi x_1 . \varphi x_2 . \varphi x_3 ......$ Diese Wahrscheinlichkeit W wird nun desto geringer sein, je größer x_1, x_2, x_3, ... sind, und umgekehrt, da die kleinern Fehler gewiß öfter vorkommen werden, mithin wahrscheinlicher sein müssen, als die größern. Auch wird W ein Kleinstes und zwar gleich Null sein, sobald die Fehler selbst Maxima sind, und so auch umgekehrt. Und ebenso werden die Functionen φx_1, φx_2, φx_3, ... für gleiche, jedoch mit entgegengesetzten Zeichen behaftete Werthe ihrer Fehler auch gleiche Werthe haben müssen, indem es ja gleich wahrscheinlich ist, daß man irgend eine Größe um irgend eine andere gewisse Größe entweder zu groß oder zu klein beobachtet haben kann. Alle diese Betrachtungen werden bei der Entwickelung der Theorie der kleinsten Quadrate ebenso benutzt, wie der folgende Satz, von dem diese Methode ihren Namen bekommen hat. Wenn durch Beobachtungen irgend einer Art n Gleichungen von der Form

$$\left.\begin{aligned} m_1 + a_1x + b_1y + c_1z + ... &= \varepsilon_1 \\ m_2 + a_2x + b_2y + c_2z + ... &= \varepsilon_2 \\ m_3 + a_3x + b_3y + c_3z + ... &= \varepsilon_3 \end{aligned}\right\} \quad 1)$$

u. s. w.

gegeben sind, aus denen die wahrscheinlichsten Werthe der v Unbekannten x, y, z .... (jedoch stets $v < n$) bestimmt werden sollen, so müßten, wenn sämmtliche Beobachtungen ganz vollkommen genau wären, die n Größen ε_1, ε_2, ε_3, ... alle gleich Null sein. Weil aber dies bei keiner Beobachtung der Fall sein wird, so werden ε_1, ε_2, ε_3 ... offenbar die Fehler der einzelnen Beobachtungen darstellen und zwar, wenn letztere möglichst genau sind, nur kleine Größen sein. Offenbar muß nun die vortheilhafteste Bestimmung der v Unbekannten x, y, z ...... aus jenen n Gleichungen diejenige sein, für welche die Summe $\Sigma\varepsilon^2$ der Quadrate aller Beobachtungsfehler ε_1, ε_2, ε_3 ... ein Kleinstes wird, d. h. es muß jeder Zeit die Bedingung

---

*) Wir verweisen in dieser Beziehung auf: Laplace Théorie analyt. de la probabilité; Légendre nouvelle méth. pour la déterminat. des orbites des comètes, Par. 1806; Gauss, Theoria motus etc. Lib. II. Sect. III.; v. Lindenau's Zeitschrift f. Astron. Bd. I. S. 185; Comment. Goetting. Vol. I. 1808—1811; Gauss, Theoria combin. observat. error. minimis obnoxiae in den Comment. Goetting. 1821—1823. Vol. I. et II.; Paucker, über die Anwendung d. Meth. d. kleinst. Quadratsumme, Mitau 1819; Encke, Berl. astron. Jahrb. für 1834. S. 249 ff. — Gehler, Phys. Wörterb. N. A. Bd. X. 2. Abthlg. S. 1200 ff. — Die für den numerischen Rechner zur bequemern und zuverlässigern Uebersicht dienenden Schemata für den Fall, daß sehr viele Bedingungsgleichungen numerisch zu formiren sind, um aus ihnen die wahrscheinlichsten Werthe von sechs unbekannten Größen — wie dies besonders häufig in der Astronomie bei Verbesserung der Elemente einer Planeten- oder Kometenbahn vorkommt — durch Rechnung nach Gauß abzuleiten, findet man unter andern (zugleich durch ein Beispiel erläutert) in G. A. Jahn's Prakt. Astron. (Berl. 1835) Bd. II. S. 11 ff.

$$\Sigma\varepsilon^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots \quad 2)$$

erfüllt sein. Um diesen Zweck zu erreichen, schreibt die Theorie folgenden Weg vor. Man berechne zuerst die Werthe von

$$\left.\begin{array}{l}
(am) = a_1 m_1 + a_2 m_2 + a_3 m_3 + \ldots \\
(bm) = b_1 m_1 + b_2 m_2 + b_3 m_3 + \ldots \\
(cm) = c_1 m_1 + c_2 m_2 + c_3 m_3 + \ldots \\
\qquad \text{u. s. w.} \\
(aa) = a_1 a_1 + a_2 a_2 + a_3 a_3 + \ldots \\
(ab) = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 + \ldots \\
(ac) = a_1 c_1 + a_2 c_2 + a_3 c_3 + \ldots \\
\qquad \text{u. s. w.} \\
(bb) = b_1 b_1 + b_2 b_2 + b_3 b_3 + \ldots \\
(bc) = b_1 c_1 + b_2 c_2 + b_3 c_3 + \ldots \\
\qquad \text{u. s. w.} \\
(cc) = c_1 c_1 + c_2 c_2 + c_3 c_3 + \ldots \\
\qquad \text{u. s. w.}
\end{array}\right\} 3)$$

so kann man alsdann aus obigen n Gleichungen v Gleichungen von der Form

$$\left.\begin{array}{l}
(am) + (aa)x + (ab)\,y + (ac)\,z + \ldots = 0 \\
(bm) + (ab)x + (bb)\,y + (bc)\,z + \ldots = 0 \\
(cm) + (ac)x + (bc)\,y + (cc)\,z + \ldots = 0 \\
\qquad \text{u. s. w.}
\end{array}\right\} 4)$$

formiren, aus denen sich endlich die v Unbekannten x, y, z... auf dem gewöhnlichen Wege der algebraischen Elimination bestimmen lassen. Die Größen x, y, z... bezeichnen hier die **wahrscheinlichsten Werthe** der Unbekannten selbst. Sehr häufig pflegt man das **Gewicht** P dieser Bestimmungen anzugeben, wobei das Gewicht der Beobachtungen überhaupt gleich der Einheit gesetzt wird. Man giebt deshalb den Gleichungen 4) nicht den Werth Null, sondern der Reihe nach die Werthe A_1, A_2, A_3,..... und eliminirt hierauf aus diesen Gleichungen die Größen x, y, z.... nach bekannten algebraischen Methoden; alsdann erhält man numerische Ausdrücke von der Form

$$\left.\begin{array}{l}
x = \alpha_1 + \beta_1 A_1 + \gamma_1 A_2 + \delta_1 A_3 + \ldots \\
y = \alpha_2 + \beta_2 A_1 + \gamma_2 A_2 + \delta_2 A_3 + \ldots \\
z = \alpha_3 + \beta_3 A_1 + \gamma_3 A_2 + \delta_3 A_3 + \ldots \\
\qquad \text{u. s. w.}
\end{array}\right\} 5),$$

aus denen dann offenbar die wahrscheinlichsten Werthe von

$$\left.\begin{array}{l}
x = \alpha_1 \text{ mit dem Gewichte } P_1 = \dfrac{1}{\sqrt{\beta_1}} \\
y = \alpha_2 \quad \text{"} \quad \text{"} \quad \text{"} \quad P_2 = \dfrac{1}{\sqrt{\gamma_2}} \\
z = \alpha_3 \quad \text{"} \quad \text{"} \quad \text{"} \quad P_3 = \dfrac{1}{\sqrt{\delta_3}} \\
\qquad \text{u. s. w.}
\end{array}\right\} 6)$$

folgen. Ferner giebt man die **wahrscheinlichen Fehler** F_1, F_2, F_3,.... an, welche man bei der Bestimmung der wahrscheinlichen Werthe von x, y, z.... respective begangen haben kann, d. h. diejenigen Fehler, von welchen es gleich

wahrscheinlich ist, daß man sie begangen oder daß man sie auch nicht begangen habe. Es ist nämlich:

$$\left.\begin{array}{ll}\text{für x} \quad . \quad . \quad . \quad . & F_1 = \pm \dfrac{0,4769363}{\sqrt{p_1}} \\ \text{für y} \quad . \quad . \quad . \quad . & F_2 = \pm \dfrac{0,4769363}{\sqrt{p_2}} \\ \text{für z} \quad . \quad . \quad . \quad . & F_3 = \pm \dfrac{0,4769363}{\sqrt{p_3}} \\ \text{u. s. w.} & \end{array}\right\} \quad 7)$$

Die Grenzen $\varDelta F_1$, $\varDelta F_2$, $\varDelta F_3$ ..... aber, zwischen welche die wahren wirklich stattfindenden Werthe von F_1, F_2, F_3, ... respective fallen werden, sind

$$\left.\begin{array}{l}\varDelta F_1 = F_1 \left(1 \pm \dfrac{0,4769363}{\sqrt{n}}\right) \\ \varDelta F_2 = F_2 \left(1 \pm \dfrac{0,4769363}{\sqrt{n}}\right) \\ \varDelta F_3 = F_3 \left(1 \pm \dfrac{0,4769363}{\sqrt{n}}\right) \\ \text{u. s. w.}\end{array}\right\} \quad 8)$$

Endlich werden, wie die Theorie nachweist, die zu befürchtenden **mittlern Fehler** Φ_1, Φ_2, Φ_3, ..., die bei der Bestimmung der wahrscheinlichsten Werthe von x, y, z.... resp. gemacht worden sein mögen, durch die Ausdrücke

$$\left.\begin{array}{l}\Phi_1 = \pm \dfrac{1}{2\sqrt{\pi p_1}} = \pm \dfrac{0,282095}{\sqrt{p_1}} \\ \Phi_2 = \pm \dfrac{1}{2\sqrt{\pi p_2}} = \pm \dfrac{0,282095}{\sqrt{p_2}} \\ \Phi_3 = \pm \dfrac{1}{2\sqrt{\pi p_3}} = \pm \dfrac{0,282095}{\sqrt{p_3}}\end{array}\right\} \quad 9) \quad (\pi = 3,14159\ldots.)$$

dargestellt. Es ergeben sich übrigens aus der Vergleichung von 9) mit 7) die numerischen Gleichungen:

$$\left.\begin{array}{l}\Phi_1 = 0,59147\, F_1 \text{ und } F_1 = 1,69069\, \Phi_1 \\ \Phi_2 = 0,59147\, F_2 \quad " \quad F_2 = 1,69069\, \Phi_2 \\ \Phi_3 = 0,59147\, F_3 \quad " \quad F_3 = 1,69069\, \Phi_3 \\ \text{u. s. w.}\end{array}\right\} \quad 10)$$

Es ist nur noch übrig, den in der Physik am häufigsten vorkommenden Fall, nämlich den, wo durch n wiederholte Beobachtungen eine einzige Größe, z. B. die Ausdehnung eines gegebenen Körpers durch die Wärme, bestimmt werden soll, etwas näher zu betrachten. Sind nämlich x_1, x_2, x_3..... die durch die einzelnen, sämmtlich gleichen Werth besitzenden, Beobachtungen unmittelbar erhaltenen Größen, so ist **der wahrscheinlichste Werth X aller dieser Größen gleich ihrem arithmetischen Mittel M**, d. h. also:

$$M = X = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + x_3 + \ldots.)$$

$$\text{oder kürzer } X = \frac{1}{n}\Sigma x \quad 11)$$

Bezeichnen ε_1, ε_2, ε_3 .... respective die Unterschiede $X - x_1$, $X - x_2$, $X - x_3$, ... zwischen dem wahrscheinlichsten Werthe X und den unmittelbaren Resultaten x_1, x_2, x_3 .... der 1., 2., 3., ... Beobachtung, und setzt man

$$\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \ldots = \Sigma\varepsilon^2,$$

so hat man die Größe $P = \frac{n^2}{2.\,\Sigma\varepsilon^2}$ als Gewicht der Bestimmung von X, wobei ε_1, ε_2, ε_3, ... als die Fehler der einzelnen Beobachtungen angesehen werden können und der wahrscheinliche Fehler jeder einzelnen Beobachtung durch eine der Gleichungen:

$$\left.\begin{aligned} f &= 0{,}4769363\sqrt{\frac{n}{P}} \\ f &= F.\sqrt{n} \end{aligned}\right\} 12)$$

bestimmt wird und zwar, wegen des Wurzelzeichens, stets mit dem doppelten Zeichen $\pm$. Aber die Grenzen Δ des wirklich stattfindenden Fehlers jeder einzelnen Beobachtung sind der Wahrscheinlichkeitsrechnung zufolge:

$$\Delta f = f\left(1 \pm \frac{0{,}4769363}{\sqrt{n}}\right) \text{ oder} = F\,(0{,}4769363 \pm \sqrt{n}\,)\Big\}\ 13);$$

d. h. man kann 1 gegen 1 wetten, daß der wahre Werth f zwischen die beiden Werthe von Δf fallen muß. — Will man jedoch ganz allgemein die Wahrscheinlichkeit w wissen, daß eine der bestimmten Größen — gewöhnlich der mittlere Fehler Φ des wahrscheinlichsten Resultates X — zwischen zwei andere willkürliche Grenzen $\Phi = \pm \frac{r}{\sqrt{P}}$ falle, wo r irgend eine beliebige Größe bedeutet, so kann man dies am bequemsten mittelst der folgenden, für diesen Zweck besonders berechneten, Tafel bewerkstelligen:

r	w	$\frac{w}{1-w}$
0,0	0,0000	0,0000
0,2	0,2227	0,2865
0,4	0,4284	0,7495
0,6	0,6039	1,524
0,8	0,7421	2,877
1,0	0,8427	5,357
1,2	0,9103	10,15
1,4	0,9523	19,96
1,6	0,9763	41,28
1,8	0,9891	90,65
2,0	0,9953	212,77
2,2	0,9981	536,63
2,4	0,9993	1456,7
2,6	0,9998	4309,3
2,8	0,9999	13888
3,0	0,999982	55555
3,2	0,999998	499999

Diese Tafel ist so zu verstehen. Daß der Fehler Φ z. B. zwischen den Grenzen $\pm \frac{0,2}{\sqrt{P}}$ oder $\pm \frac{3}{\sqrt{P}}$ liege, dafür ist die Wahrscheinlichkeit respective 0,2227 oder 0,999982 und dafür kann man gegen die Einheit resp. 0,2865 oder 55555 wetten. —

Es dürfte angemessen erscheinen, die im Vorstehenden ganz allgemein gegebene Anleitung durch ein numerisch ausgeführtes Beispiel noch deutlicher zu machen. Es seien aus 10 angestellten, gleich guten Beobachtungen die Resultate:

$x_1 = 35,2$	$x_4 = 35,0$	$x_7 = 35,4$	
$x_2 = 34,6$	$x_5 = 34,2$	$x_8 = 34,8$	$x_{10} = 35,2$
$x_3 = 35,4$	$x_6 = 34,7$	$x_9 = 35,6$	

gefunden worden. Man erhält erstlich nach 11)

$$M = X = \frac{1}{10} \times 3501 = 35,01;$$

zweitens

$$\begin{aligned}
\varepsilon_1 &= -\ 0,19 \text{ und } & \varepsilon_1^2 &= 0,0361\\
\varepsilon_2 &= +\ 0,41 & \varepsilon_2^2 &= 0,1861\\
\varepsilon_3 &= -\ 0,39 & \varepsilon_3^2 &= 0,1521\\
\varepsilon_4 &= +\ 0,01 & \varepsilon_4^2 &= 0,0001\\
\varepsilon_5 &= +\ 0,81 & \varepsilon_5^2 &= 0,6561\\
\varepsilon_6 &= +\ 0,31 & \varepsilon_6^2 &= 0,0961\\
\varepsilon_7 &= -\ 0,39 & \varepsilon_7^2 &= 0,1521\\
\varepsilon_8 &= +\ 0,21 & \varepsilon_8^2 &= 0,0441\\
\varepsilon_9 &= -\ 0,59 & \varepsilon_9^2 &= 0,3481\\
\varepsilon_{10} &= -\ 0,19 & \varepsilon_{10}^2 &= 0,0361\\
& & \Sigma\varepsilon^2 &= 1,7070;
\end{aligned}$$

ferner $P = \frac{100}{2 \times 1,7070} = 29,291,$

also $\sqrt{P} = 5,4121$ und $\frac{1}{\sqrt{P}} = 0,1848;$

alsdann nach 7) $F = \pm\ 0,0881,$

nach 12) $f = \pm\ 0,2787,$

und nach 9) $\Phi = \pm\ 0,0521;$

endlich nach 13)

$$\Delta f = 0,2787 \pm 0,0420 = \begin{cases} 0,3207 \\ 0,2367. \end{cases}$$

Man kann also behaupten, daß jede der angestellten 10 Beobachtungen dem wahrscheinlichen Fehler $f = \pm\ 0,28$ unterworfen ist und daß dieser Fehler wohl nicht größer als 0,32 und nicht kleiner als 0,24 sein dürfte. Endlich erhält man mit Hülfe obiger Tafel, z. B. für $r = 2$ und also für den Werth $\Delta\Phi = \pm\ 0,3696$, die Wahrscheinlichkeit 0,9953, daß $\Phi = \pm\ 0,0521$ zwischen die beiden Grenzen $\pm\ 0,3696$ falle und daß man also 212,77 gegen 0,9953 oder sehr nahe 213 gegen 1 wetten kann: dieser Fall werde wirklich stattfinden.

Wenn die einzelnen Bedingungsgleichungen nicht gleiche Werthe, wie bisher vorausgesetzt worden, sondern ungleiche Werthe haben, also z. B.

$$a_1 x + b_1 = \varepsilon_1 \text{ mit dem Werthe } c_1$$
$$a_2 x + b_2 = \varepsilon_2 \quad " \quad " \quad " \quad c_2$$
$$a_3 x + b_3 = \varepsilon_3 \quad " \quad " \quad " \quad c_3$$
u. s. w.

so kann man dieselben ebenso wie oben behandeln, sobald man nur erst jede der gegebenen Bedingungsgleichungen durch ihren resp. Werth c_1, c_2, c_3, ... multiplicirt hat. Indessen ist es wohl selten möglich, die Werthe der einzelnen Beobachtungen unter einander anzugeben. Doch trifft es sich oft, daß man sehr viele Beobachtungen derselben Art in zwei, drei, vier ꝛc. Gruppen theilen kann, jede Gruppe z. B. aus der Summe von 8 aufeinander folgenden Beobachtungen bestehend.

Der ersten, zweiten, dritten ꝛc. Gruppe läßt sich dann resp. der Werth 8, 16, 24 ꝛc. geben, freilich unter der Voraussetzung, daß die ersten ursprünglichen Beobachtungen, wie doch in der Regel angenommen werden muß, im Allgemeinen sämmtlich gleiche Werthe haben. Uebrigens gewähren diese Gruppirungen, wie man leicht einsehen wird, große Vereinfachung der ganzen Rechnung, indem durch sie die Anzahl der zu Grunde liegenden, zu behandelnden Bedingungsgleichungen beträchtlich vermindert und so die Rechnung selbst sehr bequem gemacht wird. — Endlich versteht sich wohl ganz von selbst, daß der Fall, wo man eine Größe, deren Werth schon fast bekannt oder für welche bereits eine genäherte Formel vorhanden ist, durch eine Anzahl von Beobachtungen noch genauer bestimmen will, auf eine ähnliche Art zu behandeln ist, wie weiter oben das Auffinden des wahrscheinlichsten Werthes einer Unbekannten gelehrt wurde. J.

Berg pflegt man jede bedeutendere Erhöhung der Erdoberfläche zu nennen, insofern sie von einem niedrigeren Standpunkte aus gesehen werden kann; minder bedeutende Erhebungen nennt man Hügel und noch geringere Anhöhen oder Höhen, und die diese mehr oder weniger bedeutenden Erhöhungen trennenden Vertiefungen werden mit dem Ausdruck Thäler bezeichnet. Ueberhaupt wird in der Regel jede bedeutende Hervorragung, von welcher man weiß, daß sie über das Niveau der Meeresfläche sich erhebt, selbst wenn man sie nicht von einem niederen Standpunkte aus beobachten kann, im Gegensatz der Tiefe, Berg genannt. Diese beiden verschiedenen Gesichtspunkte haben in der geographischen Beschreibung der Erdoberfläche oft große Verwirrungen hervorgebracht; man hat auf der einen Seite vor Verwechselungen sich zu hüten, nämlich der relativen Höhe eines Berges, als des Verhältnisses der Höhen und Tiefen zu ihren Umgebungen, mit der absoluten Erhebung über den Spiegel des Meeres, und auf der andern Seite muß man beiden Verhältnissen gleich sorgfältige Berücksichtigung zukommen lassen, wenn man ein klares Bild von der Plastik der Erdoberfläche entwerfen will. Die Erhebungen oder Vertiefungen, sie mögen als Berge, Hügel, Thäler oder Ebenen dem Auge sich darbieten, lassen sich alle nach demselben absoluten Maßstabe der Meereshöhe vergleichen. „Denn unter der Voraussetzung eines über das ganze Erdsphäroid gleichweit vom Mittelpunkte abstehenden und gleichartig verbreiteten Meeresspiegels nehmen wir diesen als den allgemeinen Wasserhorizont an. Er giebt uns den natürlichen Eintheilungsgrund, den Nullpunkt der Scala, auf- und abwärts, zur Messung und Vergleichung der Hervorragungen und Einsenkungen der Erdrinde. Hieraus ergiebt sich dies erste Gesetz der Anordnung aller

Erhöhungen und Vertiefungen als Ebenheiten und Unebenheiten, in Beziehung auf das Erdganze; zugleich aber auch das zweite Gesetz der relativen Anordnung des Besondern in Beziehung auf die einzelnen Erdtheile, oder die Erdindividuen nach ihrem Stamm und ihren Gliedern." Nachdem wir hier bei der Begriffsbestimmung von Berg den Worten unseres großen Geographen Carl Ritter*) gefolgt sind, wollen wir ebenfalls den Begriff des Gebirges mit ihm definiren: als die Summe nach einer gewissen Ordnung und nach gewissen Gesetzen und mit bestimmter Begrenzung zusammengruppirter Berge; das Gebirge muß also gewissermaßen ein Ganzes sein, dessen einzelne Theile, die Berge, sich zu demselben ebenso verhalten, wie ein Glied zum gemeinsamen Stamme.

Die Ansichten über die Vertheilung der Gebirge über die Erdoberfläche, wie sie vor Humboldt und Ritter die herrschenden waren, sind in jetziger Zeit durch umfassendere, auf einen wissenschaftlichen Grund gebaute Anschauungen fast allgemein verdrängt worden, welches namentlich der großen Verbreitung und den schnellen Fortschritten unserer geognostischen Kenntnisse von der Erdrinde zugeschrieben werden muß. Die Alten, namentlich Plinius, wie bis in die neuere Zeit Buache, Desmarest, Scheuchzer, Buffon und viele Andere, waren der Meinung, daß die Berge über die ganze Erdoberfläche mit einander in einem ununterbrochenen Zusammenhange ständen, daß nämlich die Gebirge durch alle Meere sich fortsetzten über die Inseln und Untiefen hinweg, welche als die Gipfel der unterseeischen Gebirgszüge (Chaînes de Montagnes marines nach Buache, oder Seegebirge nach Otto) angesehen werden müßten. Man verglich ferner die Erde mit einem der höheren organischen Wesen (aber in ganz anderer Weise. als man mit Ritter die Erde wirklich in die Reihe der organisirten Körper stellen kann) und betrachtete dann die mit einander in Verbindung stehenden Gebirgszüge als das Gerippe des großen Erd-Individuums, woher die Ausdrücke Gezimmer der Erde (Buache) oder Knochengerüste der Erde (Desmarest) ihren Ursprung haben, welche lange Zeit hindurch in allen geographischen Hand- und Lehrbüchern sehr verbreitet vorkamen. Buache trug besonders zur weiteren Verbreitung und Ausbildung der angedeuteten Ansichten bei; er stellte die Behauptung auf, daß alle Gebirge des Festlandes von einigen Punkten der Erdoberfläche strahlenförmig auslaufen und daß die Strahlen eines jeden Hauptvereinigungspunktes an ihren Enden zusammentreffen. Diese Centra für die Vertheilung der Gebirge betrachtete er als die höchsten Punkte der Erdoberfläche, von welchen die Quellen der größten Flüsse herabfließen, aus einer Menge von innig verwachsenen Bergen gebildet, und er zuerst gab ihnen den Namen Plateau **). Die Strahlen dieser Gebirgsganzen setzten sich nach Buache unter der Oberfläche der großen Oceane fort, um hier mit den Strahlen, welche von dem Gebirgscentrum eines andern Erdtheiles ausliefen, sich zu verbinden. Die Eintheilung des Oceans durch diese Seegebirge in Bassins oder große Erdbecken hat keinen hinreichenden Grund in der Natur, sondern ist bloß eine interessante Ansicht derselben von einem hypothetischen Standpunkte aus. Ebenso sind die Systeme von Gebirgsnetzen, Gebirgsäquatoren, Meridianen, Parallelen ꝛc. (Buffon, Gatte-

---

*) Carl Ritter, Erdkunde, Theil I. Africa, S. 64 ff.

**) Vgl. Fr. Hoffmann, Physical. Geogr. S. 140 ff.

rer, Otto u. A.) meistens nur in die Natur hineingezwängte, nicht aus ihr hervorgetretene Ansichten *).

Man hat auch in früherer Zeit versucht, die Wasserscheiden als ein Hauptmoment zur Eintheilung der Erdoberfläche zu betrachten; diese Eintheilung giebt unstreitig zu interessanten Betrachtungen Anlaß, jedoch ist dieselbe, nach Ritter, obgleich sie alle Länder der Erde mit einem unabänderlichen Netze von Wasserscheiden wirklich überzieht, durchaus keine solche, welche das Wesen der Gestaltung der Erdganzen darzustellen vermöchte. Dieses Wesen besteht im Hervortreten ihrer Gesammtmassen, und die hervortretende ursprüngliche Gestalt des Erdindividuums mußte vorhanden sein, ehe das Gesetz der Wasserspülung die Oberfläche modelliren konnte, und diese Spülung konnte die der Meere, meist eine vorhergehende, wie die der strömenden Wasser, meist eine nachfolgende, sein, also doppelartig; so daß das gegenwärtige Netz der Wasserscheiden nur eine tertiäre jüngste Modification der Erdoberflächen darstellt, welche oft von der primären sehr abweichend sein kann, und dennoch von sehr wichtigem Studium bleiben wird, ohne jedoch die Grundlage aller Eintheilung der Gestaltung der großen Erdindividuen abgeben zu können. Sehr viele Verwechselungen und Irrthümer in der Darstellung der orographischen und hydrographischen Verhältnisse der Erdoberfläche waren Folge der Annahme, daß diese Wasserscheide immer mit dem Gebirge zusammenfalle und mit ihm Eins sei, ferner, daß da, wo eine Wasserscheide sich vorfindet, auch ein Gebirge sein müsse. Manchmal bildet ein Gebirge gar keine Hauptwasserscheide, wie dies z. B. bei dem Harze der Fall ist, welcher inselartig in einem weiten Flachlande sich erhebt; ferner ist oft die Richtung eines Gebirges, wenn eine wirkliche Wasserscheide mit demselben in Verbindung tritt, sehr verschieden von der Richtung der letztern (Pyrenäen, Alpen rc.), oder die Wasserscheide zieht sich auf der Ebene neben einer hohen Gebirgskette hin, wie man im Süden der Karpathen bei der Wasserscheide bemerkt, welche die Gewässer des Baltischen und Schwarzen Meeres von einander trennt; und oftmals treten Wasserscheiden auf in großen Ebenen, fern von hohen Gebirgszügen, welche Erscheinungen die Gebiete der meisten Gewässer des nördlichen America's, des nördlichen und östlichen Sibiriens und anderer Gegenden der Erdoberfläche darbieten, wo die Phantasie der Geographen und Kartenzeichner, in der Voraussetzung des Zusammenfallens der Wasserscheiden mit Gebirgszügen, oft mächtige und ausgedehnte Erhebungen hingezaubert hat, die aber in der Natur keineswegs sich vorfinden.

Wie also die Annahme des Zusammenfallens von Wasserscheide und Gebirge zu mancherlei Irrthümern Anlaß gegeben hat, so war dasselbe der Fall mit dem bergmännischen Ausdrucke von Erzgebirge, welcher stets auf eine Gegend Anwendung findet, wo Bergbau getrieben wird, gleichviel ob dort eine Ebene ist, oder Hügel und hohe Berge vorhanden sind; man bemerkt auf Karten oft mächtige Gebirgszüge, wie am Altai'schen Erzgebirge, in Süd-America rc., welche nur dem Mißverständnisse des Ausdrucks Erzgebirge ihren Ursprung verdanken und in der That gar nicht oder nur als eine unzusammenhängende Hügelreihe in der Natur sich vorfinden. Nicht selten ist auch schon der gewöhnliche Sprachgebrauch, kleine Anhöhen und Hügel, namentlich in flachen Ländern, Berge zu nennen, den Kartenzeichnern Grund genug gewesen, flache Länder mit wahren Alpenketten zu versehen,

---

*) Carl Ritter a. a. O.

und ganz besonders hat die Ansicht, daß alle hohen Gebirgsketten, wenigstens die eines jeden Erdtheils, durch eine ununterbrochene Hügelreihe mit einander in Verbindung ständen, das wahre Verhältniß der Erhebungen und Vertiefungen auf der Erdoberfläche vielfach modificirt und entstellt.

Ein wichtiges Moment für die richtige Auffassung der Gebirgsverhältnisse der Erde hat in neuerer Zeit die Geognosie gewährt; sie lehrt uns die Zusammensetzung, innere Beschaffenheit und Structur der Gebirge erkennen, sie zeigt ferner durch gründliche Erforschung der einzelnen Hebungssysteme verschiedenen Alters, in welchem naturgemäßen Verhältnisse die Gebirge ihrer Entstehung wie ihrer Structur nach zu einander stehen, und wo nahe an einander grenzende Gebirgszüge zu trennen sind; durch die Entwicklung der geognostischen Kenntnisse sind aus der Geographie viele Irrthümer hinsichtlich des vermutheten Zusammenhanges der einzelnen Gebirgszüge gänzlich entfernt, ja durch dieselbe gewissermaßen die gegenwärtige wissenschaftliche Anschauungsweise der orographischen Verhältnisse der Erdoberfläche erst begründet, wenigstens in hohem Grade befestigt und ausgebildet worden. So hat man z. B. früher allgemein die Gebirge von Corsica und Sardinien als die Fortsetzung der Genuesischen betrachtet. Daß aber das granitische Cap Corte auf Corsica eine Fortsetzung des Genuesischen, weit vorspringenden, aber aus schwarzem Uebergangskalkstein gebildeten Cap delle Malle sei, klingt, nach einer Bemerkung von L. v. Buch, ebenso sonderbar, als wenn das Gebirge der Vogesen eine Fortsetzung der Jurakette sein sollte, was doch ebenfalls in geographischen Handbüchern oftmals behauptet wurde. Wir werden weiter unten auf die innere Beschaffenheit der Gebirge, ihre Zusammensetzung und Entstehung zurückkommen und darüber ausführlich zu sprechen Gelegenheit haben. Hier wenden wir uns zunächst zu einer kurzen Erklärung der Benennungen der einzelnen Theile der Gebirge und folgen hierin den von C. Ritter (in Bezug auf Africa und Asien) und Fr. Hoffmann in den bereits angeführten Werken gegebenen Mittheilungen, sowie ebenfalls die folgenden Werke von Berghaus uns als Quelle gedient haben, nämlich dessen „Allgemeine Länder- und Völkerkunde," Bd. II. 1837 und „Grundriß der Geographie," 1844.

I. Aeußere Gebirgsbeschreibung.

A. Erklärung der für einzelne Theile der Gebirge gebräuchlichen Benennungen.

Die Hochländer der Erde sind diejenigen Gebirgsganzen oder massenförmigen, zusammenhängenden und nach allen Richtungen hin weit sich ausdehnenden Erhebungen, die von keinem Stromthale ganz durchschnitten werden und gewöhnlich stufen- oder terrassenförmig (Stufenländer, Terrassen) sich über das angrenzende Flachland erheben; die Hochländer erscheinen gewöhnlich als ausgedehnte Ebenen (Hochebenen, Plateaux), über welche zuweilen wiederum andere Gebirgszüge emporragen oder dieselben umgrenzen. Als Hauptgebirgsketten der Erde bezeichnet man diejenigen Gebirgszüge, welche bei einer verhältnißmäßig geringen Breite durch eine bedeutende Längenausdehnung und beträchtliche Höhe sich auszeichnen; sie verbreiten sich gleichsam wie Erdgürtel über die Oberfläche der Erde oder erscheinen als Ränder von Hochländern; für sich allein betrachtet bilden sie Gebirgsländer, ein Alpengebirgsland. Wo eine Menge

von Bergen mehr der Breite als der Länge nach zu einem Ganzen sich zusammengruppirt hat, pflegt man dieses Ganze ein Massengebirge zu nennen, das als solches zuweilen auch Hochebenen einschließen kann, über welche die einzelnen Berggipfel emporragen. C. Ritter hat gewisse Zahlenverhältnisse zur Unterscheidung der höheren und niederen Gebirge festgestellt und nennt alle Gesammterhebungen über 4000 Fuß Meereshöhe Hochländer oder Plattformen der größten oder ersten Art, alle darunter aber der zweiten Art und die Uebergänge zwischen beiden vermittelnde höhere oder niedere Stufen und Terrassen. Einzelne Erhebungen von 1000 bis 2000 Fuß nennt er Hügel, Höhen; von da bis an etwa 4000 Fuß niedrige Berge und niedrige Gebirge. Die Gebirge der zweiten Classe, oder die mittelhohen, reichen bis 6000 Fuß, über diesen stehen die Alpengebirge, und über 10,000 Fuß Höhe die Riesengebirge der Erde.

Nach der Längenausdehnung kann man die Gebirgszüge in 4 Classen bringen, von denen die erste die Gebirge umfaßt, deren Länge mehr als 1000 d. M. Länge beträgt; in die zweite Classe gehören die Gebirge von 500 bis 1000 d. M., in die dritte die von 200 bis 500, in die vierte die von weniger als 200 deutsche Meil. Länge. Zur leichteren Uebersicht dieser Verhältnisse theilen wir hier eine von Berghaus entlehnte Tabelle mit, welche außer der Länge auch die Streichungslinie der Gebirge angiebt.

Namen der Gebirge	Streichungslinie	Länge in d. Meil.	Bestandtheile der Systeme
1. Classe.			
Himalaya	OSO nach WNW.	1200	Die südchinesischen Gebirgsketten Nauling, Siüeschan, der eigentliche Himalaya (370 M. lang u. 45 M. breit), der Hindu Kusch, Paropamisus, Kohul Bürs, Talisch Gebirge, Nordrand von Armenien u. Kleinasien bis zum Ida am Hellespont.
Cordilleras de los Andes	S. — N.	1000	Die Andeskette von Südamerica, von der Südspitze bis zum Isthmus von Panama; mit den Cordilleren von Nordamerica u. der Bergkette auf dem Isthmus zwischen Panama und Tehuantepec 1900 d. Meilen lang.
2. Classe.			
Altai.	ONO. — WSW.	850	Nordrand von Hinterasien, von der Behrings-Straße bis über den Dzaisang-See hinaus, also mit Einschluß des Aldanischen Gebirges.

Namen der Gebirge	Streichungslinie	Länge in d. Meil.	Bestandtheile der Systeme
Andeskette v. Nordamerica	SSO. — NNW.	800	Von der Erdenge von Tehuantepec bis zum nördlichen Eismeere, das Plateau von Mexico, die Rocky-Mountains.
Thian Schan od. Himmelsgebirge . . .	W. — O.	650	Mit seiner östlichen Verlängerung über den In schan bis zum Schan yau alin.
Taurus	OSO. — WNW.	540	Dieses System beginnt am Indus-Delta und bildet den Südrand von Iran, Kurdistan, Armenien und Anadoli.
3. Classe.			
Küen lün oder Kulkun .	W. — O.	460	Mit Ausschluß des Pe ling bis an den äußersten Ostrand des chinesischen Alpenlandes.
Alleghanies	SW. — NO.	350	
Ostghats v. Vorderindien	SW. — NO.	300	
Ural	S. — N.	250	
Skandinavisches Gebirge	SSW. — NNO.	240	
Westghats v. Vorderindien	S. — N.	220	
Karpathischer Gebirgsflügel von West-Europa	OSO. — WNW.	220	Die Karpathen u. das hercynische Bergsystem, welches im O. mit den Sudeten beginnt u. im W. mit dem Teutoburger Walde aufhört.
4. Classe.			
Brasilisches Gebirge . .	SW. — NO.	160	
Alpen	WSW. — ONO.	150	
Balkan oder Hämus	WNW. — OSO.	150	
Kaukasus	WNW. — OSO.	150	
Syrisch-Peträisches Geb.	N. — S.	150	Vom Taurus über den Libanon und das West-Jordan-Land bis zur Südspitze der Sinai-Halbinsel.
Westflügel des westeuropäischen Berggürtels .	SSW. — NNO.	140	Hochfrankreich, die Vogesen und das niederrheinische Gebirge.
Apenninen	NW. — SO.	140	
Sierra von Parime .	W. — O.	140	
Küstenkette v. Venezuela	W. — O.	120	
Atlas	SW. — NO.	120	
Pyrenäen	OSO. — WNW.	55	

Wir haben bereits die dreierlei Hauptformen der Erdräume (Tiefland, Hochland, Stufenland oder Vermittelung jener beiden) angedeutet und den Ausdruck Hochländer als den allgemeinsten Begriff einer Gebirgserhebung bezeichnet, während Gebirgs- oder Plateau- (Tafel-) Länder nur als Gattungen von jenen zu betrachten sind, nach den in ihnen vorherrschenden Formen der Gestaltung. Indem wir schon im Allgemeinen die Definition dieser Ausdrücke aus Ritter's Erdkunde entlehnten, wollen wir hier noch, ebenfalls nach Ritter *), einige Erscheinungen anführen, wie wir sie theils in Gebirgsländern, theils in Plateau- oder Tafel-Ländern auftreten sehen. Wenn wir unter den letzteren Gesammterhebungen geschlossener Erdmassen verstehen, so sind jene, die Gebirgsländer, gerade durch den Gegensatz charakterisirt, weil in ihnen Gruppirungen von Gebirgszügen, Ketten &c. liegen, die zwar dicht zusammengrenzen, aber nicht als Continuitäten, welche den Charakter jener Tafelländer ausmachen, sondern eben durch Tiefthäler und Thalspalten nach allen Richtungen hin durchschnitten und von einander geschieden sind, wie z. B. alle Alpenlandschaften der Erde. Ihr Fuß hat wohl auch eine höhere Gesammterhebung, aber der geringe relative Werth dieser gemeinsamen Basis ist es eben, der gegen die bedeutende Gipfelerhebung verschwindet. Die bedeutende Gesammterhebung großer Erdräume, sei sie nun relativ oder absolut bedeutend vor ihren Umgebungen, charakterisirt eben durch ihre Continuität die Plateaulandschaften; aber die bedeutende Particularerhebung isolirter Gipfelmassen oder Kettenzüge, Joche, deren Einstürze stets den Emporrichtungen correspondiren, charakterisirt eben die Gebirgslandschaften, seien es niedere, mittlere oder höhere. In ihnen bedingen die Contraste von Tiefland und Hochland, in den kleinsten horizontalen Räumen vereinigt, auch innere, wie äußere, nicht nur doppelte, sondern auf das vielfachste gesteigerte Naturfälle in allen Erscheinungen der gegen den Himmel aufgeschlossenen Oberflächen. Diese Naturfälle aber fehlen eben jenen Plateauländern, als solchen, weil sie auf ihren nicht durch Thalspalten, sondern höchstens nur etwa durch flächere Einsenkungen diversificirten Höhen, weit mehr Einförmigkeiten, Einerleiheiten darbieten, als Mannigfaltigkeiten. Aus diesem Grunde erscheinen sie auch gleichartiger in Allem, demnach ebenfalls in ihren Functionen für Naturerzeugnisse wie für Völkerentwicklungen, und darum sind sie auch die Gegensätze von jenen, in jeder Beziehung. Gesammterhebungen bilden in verticaler Hinsicht den sich von dem Tieflande ablösenden verticalen Stamm, vermöge der Continuität, wie die Continente in horizontaler Hinsicht; die Particularerhebungen aber bilden die verticalen Gliederungen dieser Stämme, bald ihnen aufgesetzt (Plateaugebirge oder aufgesetzte Gebirge) oder ihre Abfälle umgebend, Rand-Gebirge, und wo sie für sich, ohne Verbindungen mit Gesammterhebungen, aus den Tiefländern der Erde hervorragen, bilden sie, analog den oceanischen oder Gestade-Inseln, für sich bestehende Insel-Gebirge; diese können theils in den fernen Tiefländern, ja selbst in den Meeren zufällig zerstreut stehen, oder in einer bestimmteren Beziehung zu den Gesammterhebungen und auf dem Festlande, als deren Trabanten, Umwallungen, Vormassen, Vor-Alpen, Vorgebirgsländer geordnet sein, selbst theilweise noch zusammenhängend mit ihnen, als Gebirgsarme, strahlig

*) Erdkunde, Theil II. Asien, Bd. I. S. 32 ff.

auslaufende Gebirgszweige u. s. w. in den mannigfaltigsten Stellungen erscheinen.

Aber diese Formen, fährt Ritter fort, sind nirgends in der Physik rein mathematisch genau ausgeprägt, sondern stets nur in mehr oder weniger vorwaltenden Verhältnissen in den mannigfaltigsten Combinationen, Uebergängen, Gruppirungen zu verfolgen, so daß nur aus vergleichender Betrachtung mit andern Arten verticaler Gliederungen der Planetenrinde der wahre locale Charakter jeder besonderen Erdstelle hervorgeht. Doch läßt sich im Voraus schon im Allgemeinen mit Sicherheit feststellen, daß auch hier aus den Combinationen und Gruppirungen dieser eigenthümlichen Gestaltungen in gegenseitiger Beziehung, wie nach ihrer Vertheilung durch die horizontalen Stämme und horizontalen Gliederungen der Erdräume, deren Natur im Besondern wie im Allgemeinen, d. i. bei Ländern und ganzen Continenten, bedingt sein wird und daß deren physische Charakteristik eben in diesem Verhältnisse besteht. Die verticale Dimension der Räume, die physikalische, giebt erst Aufschluß über die plastische Gestaltung und senkrechte Gliederung, durch welche die Anschauung des Erdtheils zu einer wahrhaft belebten wird, weil von ihr die Vertheilung klimatischer Zonen und der lebendigen Organismen abhängig ist. Wir wollen in der folgenden Tabelle eine von Berghaus zusammengestellte Uebersicht der horizontalen Verbreitung von Hoch- und Tiefland mittheilen, wobei zu bemerken ist, daß die angegebenen Zahlen (welche deutsche Quadratmeilen bezeichnen) nur als ungefähre Schätzungen anzusehen sind. Mit Berücksichtigung der Abplattung der Erde hat Denzler folgende Werthe für den Flächeninhalt der Continente gefunden: Europa (bis zum Ural und Kaukasus) 169,935; Australien 134,120; Africa 524,000; America 665,830 (Nord-America 356,000, Süd-America 309,830); Asien 746,036. Summe der Continente in runder Zahl = 2,240,000 deutsche Quadratmeilen.

Hoch- und Gebirgsländer		Tiefländer	
Europa.			
Castilisches Hochland . .	10,000	Sarmatische Ebene . . .	100,000
Skandinavisches Gebirge .	9,500	Germanische Ebene . . .	7,400
Gebirgssyst. d. griech. Halbinsel	6,300	Oceanisch. Küstenterr. von Frankreich	2,100
Osthälfte des westeuropäischen Berggürtels	4,600	Ungarische Ebenen . . .	1,800
Westhälfte desselben . . .	4,600	Tiefland der Wallachei . .	1,400
Das Alpenland	4,500	Küsten d. mittelländ. Halbinseln	700
Plateau von Deutschland .	3,800	Lombardische Ebene . . .	600
Bergzug d. Apenninen-Halbinsel	2,800		114,000
	46,00		

Hoch- und Gebirgsländer		Tiefländer	
Asien.			
Hinterasien	266,400	Sibirien	186,300
Vorderasien	73,600	Turan	53,700
Plateau von Dekan . . .	50,000	Hindustan	20,800
Plateau von Arabien . .	48,000	Chinesisches Tiefland . . .	10,000
Ostsibirischer Höhenzug . .	37,000	Syrisch-Arabische Wüste . .	8,700
Gebirgsland v. Hinterindien	33,000	Mesopotamien	5,000
Ural	14,000		281,500
Plateau von Syrien rc. . .	3,500		
	525,500		
Africa.			
Hochafrica, das Plateau mit seinen Rand- u. nordöstl. Gebirgen	300,000	Sahara	111,000
Nord-Guinea	41,000	Sudan	40,000
Plateau der Berberei. . .	21,000	Küstenterrassen von Hochafrica	7,200
Barka-Plateau	2,000	Stufenland des Nils: Nubien	7,000
		Stufenland des Nils: Aegypten	3,000
	364,000		168,200
Nord-America.			
Andeskette	167,000	Arktisches America . . .	100,000
Alleghanies	8,000	Savannen des Missisippi .	52,000
	175,000	Atlantische Küstenterrasse der Alleghanies	9,700
		Atlantische Küstenterrasse von Mexico	5,300
			167,000
Süd-America.			
Cordilleras de los Andes .	44,400	Selvas d. Amazonen-Stroms	146,400
Brasilisches Gebirge . . .	15,500	Pampas d. Plata-Stroms rc.	76,000
Sierra von Parime . . .	14,500	Llanos des Orinoco . . .	16,200
Küstenkette v. Venezuela und S. Marta	1,200	Ebene d. Magdalenen-Stroms	6,800
	75,600		245,400
In ganz America ist			
Das Hochland	250,600	Das Tiefland	412,400

Hinsichtlich des Verhältnisses der **Breite** der Gebirge zu ihrer Länge ist durchaus keine Regelmäßigkeit nachzuweisen, dann während z. B. bei dem Harze die Breite zur Länge sich verhält wie 1 : 3, beim Thüringerwald wie 1 : 4½, bei den Sudeten wie 1 : 5, ist dieses Verhältniß bei den europäischen Alpen gleich 1 : 5, beim Himalaya (im engeren Sinne) 1 : 10 und bei den Andes von Süd-America 1 : 60.

Ueber das **Streichen** der Gebirge oder ihre **Richtung**, worauf wir weiter unten bei der Darstellung der Hebung der Gebirge in den verschiedenen Perioden der Erdentwicklung zurückkommen werden, mag hier nur im Allgemeinen bemerkt werden, daß **Alex. v. Humboldt** zuerst eine Gesetzmäßigkeit in der Längenrichtung und im Einfallen der Alpen, sowohl in dem Hauptrücken als in den zu demselben Systeme gehörenden Höhenzügen, wahrzunehmen glaubte, welche Richtung von **Süd-West** nach **Nord-Ost** er ferner in der Jura-Kette, in allen Bergzügen des Fichtelgebirges, des Erzgebirges 2c., auch in Polen, Frankreich und Spanien vorwaltend bemerkte, und als er diese Richtung auch bei seiner Ankunft in Süd-America, in Venezuela bestätigt fand, sprach er als ein allgemein gültiges Gesetz aus: daß alle Gebirgszüge der Erde mit einander parallel laufen und gegen Nord-West einfallen, „so daß ihre Richtung mit der Erdaxe einen Winkel von 45° bis 57° macht, daß diese Neigung und Richtung unabhängig von der Richtung und der Gestalt der Gebirge ist und die Thäler darauf keinen Einfluß haben, so daß sie eine viel allgemeinere, mehr ins Große gehende Ursache haben müssen, die auf einer Anziehung der Theilchen beim Erhärten der Erde zu beruhen scheint *)." Spätere genauere Beobachtungen in Europa, sowie auch von **Humboldt** selbst in den Cordilleren Süd-America's, haben gezeigt, daß dieses Gesetz nicht allgemein gültig sei, und daß außer dieser Richtung noch andere auftreten, und daß sogar die Richtung von Süd nach Nord oder die Meridianrichtung der Gebirge im Ganzen jene Richtung, welche man die der Parallelkreise nennen könnte, dem Raume nach, den sie einnimmt, überwiegen möchte. Die Alpen selbst bieten die Beweise hierfür dar, dann an ihrem Südwest-Ende verwandelt sich die Richtung mit dem Montblanc, in den sogenannten See-Alpen, in die von Süd nach Nord; und in dem östlichen Theile der Alpen verwandelt sich ebenfalls die Hauptrichtung in die auf diese rechtwinklige von **Nordwest** nach **Südost**, welche sich ununterbrochen durch Krain und Croatien und ins nördliche Griechenland bis an die Küste des schwarzen Meeres verfolgen läßt. Ebenso ist die Richtung der Pyrenäen bei einem ausgezeichneten Parallelismus der Nebenketten mit der Hauptkette fast genau rechtwinklig gegen die Hauptrichtung der Alpen gestellt. Dieselbe Richtung von Nordwest nach Südost sehen wir ebenfalls bei den meisten Gebirgszügen Deutschlands auftreten, so bei dem Riesengebirge in Schlesien und seinen südöstlichen Fortsätzen, den Sudeten und dem Eulengebirge; bei dem Harze und seinen Fortsetzungen und den mit ihm parallel laufenden Hügelreihen von Hannover und Westphalen, dem Teutoburger Wald und der Weserkette, wie endlich gleichfalls bei dem Thüringerwald mit seinen Umgebungen und der hohen Rhön. Dieselbe Richtung verfolgen ferner in Europa noch die Apenninen, und in Asien die Hauptmasse seiner Gebirgsketten, bei dem Kaukasus, dem Himalaya 2c. Die dritte Hauptrichtung, welche bei den Gebirgszügen sich vorfindet, ist die von

*) Gilb. Ann. Bd. VII. S. 333.

Süd nach Nord, besonders ausgezeichnet auftretend in dem skandinavischen Gebirge, während in Deutschland der Schwarzwald und die ihm gegenüberliegenden Vogesen, in Frankreich die Cevennen, welche den See-Alpen parallel laufen, ferner der Gebirgszug der italienischen Halbinsel, in Asien besonders der Ural und die Gebirgszüge von Kamtschatka, Hinterindien nnd Vorderindien, und in America die Anden, welche vom Cap Horn bis zum Elias-Berge (61° nördl. Breite) sich erstrecken, mit geringen Unterbrechungen die südnördliche Richtung verfolgen, eine Richtung, welche auch in Africa eine bedeutende Rolle zu spielen scheint, obgleich die Gebirgszüge im Innern desselben noch zu wenig bekannt sind, um mit hinlänglicher Sicherheit darüber zu entscheiden. Im Allgemeinen kann man die Behauptung aufstellen, daß in Europa und Asien die Parallelenrichtung die vorherrschende sei, während sie in Africa und America gegen die Meridianrichtung zurückzutreten scheint, so daß beide Normalrichtungen in bestimmten, entgegengesetzt liegenden Gegenden vorwalten, die Parallelenrichtung im Osten und Norden, die Meridianrichtung im Westen und Süden der Erde.

Bei jedem Gebirge hat man den Kamm desselben, seine Abhänge und seine Gipfel zu unterscheiden, welche Theile wir hier ebenso, wie die sogenannten Gebirgspässe einzeln einer nähern Betrachtung unterwerfen müssen. Man nennt den Kamm eines Gebirges die Linie, welche mehr oder minder deutlich in der Längenrichtung des Gebirges ausgeprägt ist und in deren Verlaufe die größte Erhebung sich vorfindet; dieser Kamm bildet zugleich eine Wasserscheide, so daß die Gewässer zu beiden Seiten desselben verschiedenen Stromgebieten zulaufen. Zuweilen hat das Gebirge einen Hauptkamm, der vor andern sich durch Höhe und einen weniger unterbrochenen Zusammenhang auszeichnet, ein Vorkommen, welches jedoch keineswegs das häufigste ist, und namentlich ausgezeichnet in den Pyrenäen sich findet, wo er mit wenigen Ausnahmen die politische Grenze zwischen Frankreich und Spanien bildet; nicht weniger scharf ist diese Erscheinung in Deutschland im Thüringerwald ausgesprochen, wo die Scheitellinie des Kammes durchaus ununterbrochen ist, in der Länge von 10 Meilen durch einen Weg, den sogenannten Rennsteig, bezeichnet wird und Thüringen von Franken scheidet; auch im Riesengebirge überragt ein langer schmaler Kamm alle andern und trennt Böhmen von Schlesien, während ein solcher Hauptkamm ebenfalls ziemlich deutlich in dem skandinavischen Gebirge sich wiederholt, indem hier ein jedoch mehr abgerundetes Joch, von der Gegend des Fämund-Sees (unter etwa 63° Br.) an bis zum Nord-Cap, in einer Länge von reichlich 150 Meilen, die Scheide zwischen den Flußgebieten der Ost- und Nordsee und die politische Grenze zwischen Schweden und Norwegen bildet. — Häufiger als die so eben angeführte Erscheinung bemerkt man, daß die Gebirge aus mehreren neben einander herlaufenden Kämmen bestehen, die an Höhe sich gleich sind oder unregelmäßige Abweichungen zeigen und unter sich mehr oder weniger verbunden auftreten. Ein solches Verhalten findet sich z. B. in Wallis, wo das Rhonethal von zwei gleich hohen Gebirgsketten begleitet wird, ferner im Norden der Kette des Berner Oberlandes, im Süden von den sogenannten Walliser Alpen und ebenso in den Umgebungen des Ober-Innthales; aber besonders eigenthümlich ist diese Vertheilung der Kämme in dem Schweizer Jura, wo diese Verhältnisse von Escher von der Linth zuerst ausführlich nachgewiesen und aufgeklärt worden sind; hier nämlich zeigt sich die Richtung der einzelnen Ketten mit der Hauptrichtung des Gebirges nicht ganz übereinstimmend, indem jene mehr

WSW. — ONO. sich zieht als die Jura-Kette selbst, so daß eine Kette nach der andern, sobald sie an den Rand des Gebirges tritt, schnell abbricht und verloren geht. Dergleichen mit einander parallel laufende Ketten hat Escher wenigstens fünf nachgewiesen, welche jede für sich stehend, sobald die ihr gegen die Alpen vorliegende verschwunden ist, eine Zeit lang gegen dieselben den vordern Rand bildet und dann zugleich immer den Hauptkamm des Gebirges, welcher hier stets auf der den Alpen zugekehrten Seite liegt, während ihr Kamm vorher minder bedeutend war und später sich schnell wieder zu dem von unbedeutenden Vorhügeln erniedrigt *). Alex. v. Humboldt hat bemerkt, daß in den Cordilleren in Chili (14° südl. Br.), wo sie in mehreren Ketten neben einander hinlaufen, ein förmliches Alterniren in der Höhe stattfindet, welches man im Kleinen auch sehr schön am Teutoburger Walde und anderswo bemerken kann. Hisinger hat bei dem skandinavischen Gebirge nachgewiesen, daß sein Hauptkamm, der im Allgemeinen die Richtung von S. nach N. oder von SSW. nach NNO. verfolgt, im Einzelnen mehrfach davon abweicht, da er aus den Enden sich unter einander begegnender Ketten gebildet wird, deren man im Großen wenigstens vier nachweisen kann. — Zur Bestimmung der Kammhöhe eines Gebirges bediente sich Alex. v. Humboldt der ihm aus eignen Erfahrungen bekannten Thatsache, daß die Kämme der Alpen, Pyrenäen, Anden u. s. w. nur selten auf längere Strecken in die Schneelinie hineinragen. Er nahm daher die bekannte Höhe der Schneegrenze für das Maximum der Erhebung der Bergkämme, die mittlere Höhe der Gebirgspässe (s. unten) aber für das Minimum dieser Erhebung; das Mittel aus beiden Werthen gab ihm sodann einen sehr wahrscheinlichen mittleren Werth für die allgemeine Höhe der Gebirgskämme.

Die verschiedene äußere Gestalt der Gebirgskämme hat zu verschiedenen Benennungen Anlaß gegeben. Schmale, zackig zerrissene Felsenkämme, namentlich wenn sie in bedeutender Höhe vorkommen, werden Grathe oder Gräthe genannt; die schmalen, aber ganzrandigen und etwas abgerundeten Kämme dagegen führen oft den Namen der Egge, während man einen noch breiter und flacher abgerundeten Kamm gewöhnlich mit dem Ausdruck Rücken des Gebirges bezeichnet, welcher jedoch ebenso wie Gebirgsjoch oft als gleichbedeutend mit der allgemeinen Benennung Gebirgskamm gebraucht wird. Wird der Kamm noch breiter, so nimmt er allmälig den Charakter einer Hochebene, eines Plateau- oder Hochlandes an, welches alle Erscheinungen des Tieflandes wiederholt, von dem es sich nur durch die verschiedene Erhebung über die Meeresfläche unterscheidet. Eine solche Erscheinung bietet z. B. der Oberharz und der Dovre-Field in Norwegen dar, dessen Hauptrücken nach L. von Buch in einer Höhe von etwa 4000 Fuß eine fast ebene Fläche von 8—10 Meilen Breite bildet, während fast in allen bedeutenden Gebirgszügen ähnliche Erscheinungen sich vorfinden.

Die Abhänge oder Abfälle des Gebirges nennt man die vom Joch oder von der Scheitellinie des Kammes bis an den Fuß der Berge sich ziehenden schiefen Flächen, welche also mit der Grundfläche des Gebirges selbst bei völliger Gleichförmigkeit ein dreiseitiges Prisma bilden würden; diese rein symmetrische Form möchte wohl niemals oder doch nur in sehr geringer Ausdehnung in der Natur aufzufinden sein. Fast immer findet man, daß die Neigung der Abhänge zu beiden Seiten der Berg-

*) Fr. Hoffmann a. a. O. S. 164.

kette eine verschiedene sei, und eine gewisse Regelmäßigkeit, welche in diesem Neigungsverhältnisse schon frühzeitig bemerkt wurde, führte Torbern Bergmann zu der Behauptung, daß alle die Bergketten, welche von Nord nach Süd streichen, ihren steilen Abhang gegen Westen kehren, während diejenigen, welche sich von Osten nach Westen ausdehnen, ihren steilsten Abhang an der Südseite besitzen, eine Behauptung, welche durch die in der Natur auftretenden Erscheinungen im Allgemeinen sich bestätigt findet. So gehört der ersten Classe von Gebirgen z. B. die Andes-Kette America's an, deren bei weitem steilerer Abhang gegen Westen, gegen den großen Ocean sich wendet, während sie gegen das Innere des Continentes sehr allmälig sich verflachen; ein ganz ähnliches Verhalten zeigt auch das skandinavische Gebirge. In die zweite Classe der Gebirge, welche ihren steilsten Fall gegen Süden haben, gehören z. B. die Pyrenäen und besonders auch die Alpen, welche im Norden allerdings immer scharf bezeichnet sind, aber aus einer Hochebene von 12—1500 Fuß Meereshöhe aufsteigen und zwar in verschiedenen Ketten, von denen die nördlichern viel niedriger sind, als die nachfolgenden, während im Süden das Gebirge aus der Ebene der Lombardei und von Piemont, einer hohen Mauer gleich, steil und plötzlich emporragt. Hierher gehört ferner als ausgezeichneter Beleg das Erzgebirge, weniger das Riesengebirge, das niederrheinische Schiefergebirge, die Karpathen rc., und endlich zeigt die Kette des Himalaya entschieden dieselbe schnelle und steile Abdachung gegen Süden in die weite tiefe Ebene des Ganges-Thales hinein, während sie nordwärts in die Hochebene Mittelasiens verschwindet. — Jedoch läßt sich das angeführte Gesetz keineswegs auf alle Gebirgszüge anwenden; die Natur zeigt in der That Ausnahmen von dieser Regel, so daß man diese Erscheinungen eher den zufällig in einer bestimmten Richtung die Hebung der Erdschichten bewirkenden plutonischen Kräften zuschreiben muß, als daß man eben aus diesen Erscheinungen ein bestimmtes und allgemein gültiges Gesetz für die Erhebungen der Gebirgssysteme selbst ableiten könnte. So bemerkt man z. B. bei dem Harze, einer nahe westöstlich gerichteten Bergkette, gegen Norden ein wenigstens doppelt so steiles Abfallen als gegen Süden; ein gleiches Verhalten, wenn auch weniger ausgezeichnet, zeigt der Thüringer Wald, ferner in einem größeren Maßstabe auch der Kaukasus und besonders auch die Küstenkette von Venezuela, welche nach den Messungen Alexanders v. Humboldt in der sogenannten Silla de Caracas die Höhe von 7896 Fuß erreicht, und dort ist ihr Abhang nach Norden so steil, daß er dem Auge eine senkrecht sich erhebende Mauer von fast 7800 Fuß darbietet, während das Gebirge gegen Süden zu dem Llano di Calabozo sehr sanft hinabsteigt. Ferner bilden Ausnahmen der zweiten Classe von den in nordsüdlicher Richtung sich ausdehnenden Gebirgszügen in Europa namentlich die Vogesen und die Cevennen und nicht weniger der Ural, welche alle ihren steilen Abfall gegen Osten kehren, gegen Westen dagegen sich sanft gegen das Tiefland hin verflachen.

Ein anderes Verhalten und ein bestimmter ausgesprochenes Gesetz zeigt sich in Beziehung auf die Lage der steileren Abhänge in den einzelnen Ketten, welche einen Gebirgszug zusammensetzen. Die Lage ist nämlich durchgängig von der Art, daß die einzelnen Nebenketten, welche die Centralkette zu beiden Seiten begleiten, ihren steilen Abhang stets nach innen, der Centralkette entgegen kehren, während sie nach außen hin sanfter abfallen. Saussure entdeckte dieses Verhalten zuerst in den Alpen und spätere Beobachter haben diese Erschei-

nungen in allen genauer untersuchten Gebirgssystemen bestätigt gefunden, so daß Brisson und Dupuys Thorcy den allgemein gültigen Satz aussprechen konnten: daß, wenn eine Bergkette sich auf einer geneigten Ebene erhebt, ihr steiler Abhang allemal sich auf der dem Falle der Ebene entgegengesetzten Seite befindet. Der sanfte Abhang ist in der Regel übereinstimmend mit dem allgemeinen Fallen der Schichten, eine Thatsache, welche die Annahme der Entstehung der Gebirge durch Erhebung aus Spalten vollkommen bestätigt, indem nämlich die abgebrochenen Ränder der Erdrinde mit steilem Einfallen um den Kern des Gebirges herumlagern mußten, während nach außen hin ein sanftes und allmäliges Uebergehen in die ursprüngliche horizontale Lagerung der Schichten stattfand.

Ueber den Kamm oder die mittlere Erhebung der Gebirge ragen gewöhnlich die einzelnen Berggipfel hervor, welche durch ihre Form und Gruppirung einem jeden Gebirge seinen eigenthümlichen Charakter verleihen, wie er sich dem Auge des Beobachters darbietet. Nach ihrer äußern Form hat man den Berggipfeln verschiedene Benennungen gegeben, die in verschiedenen Ländern und selbst in verschiedenen Gegenden desselben Landes mannigfach variiren. Spitze, zerrissene, steile und nadelförmige Gipfel nennt man in der deutschen Schweiz Hörner, in der französischen dagegen Dent oder Aiguille, in Tyrol, Steyermark und Oesterreich Kogel oder Kofel, auch wohl einfach Spitz, welcher Ausdruck namentlich für die höchsten Gipfel des Tatra-Gebirges in den Karpathen gebraucht wird, z. B. die Lomnitzer Spitz, Eisthaler Spitz. Für die bedeutenderen Berggipfel bedient man sich in Norddeutschland des Wortes Kopf (Ochsenkopf, Schneekopf), im Schwarzwalde nennt man sie Belchen, in den Vogesen Ballon oder Koppe, welche namentlich den mehr abgerundeten Gipfeln zukommen, wie denn auch der allgemeine Name Berg oft für die höchsten Gipfel der Gebirge gebraucht wird, der namentlich bei denjenigen Berggipfeln Anwendung findet, welche mehr die Form sanft ansteigender Rücken zeigen, als ein steiles und plötzliches Aufsteigen über den Kamm des Gebirges. Den Vulcanen ist die Gestalt eines mehr oder minder abgestumpften Kegels eigen, über dessen Beschaffenheit, sowie über das Auftreten und das Vertheilen der Vulcane man am Schlusse dieser Abhandlung nähere Angaben findet. Hierher gehören auch die Formen umgestürzter Glocken, welche in vulcanischen und basaltischen Gegenden auftreten und in dem südlichen Frankreich mit der eigenthümlichen Benennung Puy bezeichnet werden (Puy de Dome, Puy de Pariou, Puy Marie); dieselbe Form zeigen auch der Chimborazo und die meisten Riesenberge der Cordilleren Südamerica's, wie ebenfalls die Berge des rheinischen Siebengebirges und des basaltischen böhmischen Mittelgebirges. Die äußere Gestaltung der Gipfel ist hauptsächlich abhängig von der Gebirgsart, aus welcher dieselben bestehn, von der Festigkeit und Härte dieses Gesteins und dem Grade, in welchem es zur Verwitterung geneigt ist oder derselben zu widerstehen vermag, über welche Verhältnisse wir in dem zweiten Theile dieser Abhandlung, bei Gelegenheit der Charakteristik der Gebirgsarten und der Erklärung der bei der Verwitterung der Gesteine auftretenden Erscheinungen, das Nähere mitzutheilen haben.

Hinsichtlich der Vertheilung der Gipfel läßt sich im Allgemeinen als Regel aufführen, daß die höchsten Erhebungen der Richtung der Kämme folgen, und daß sie über diese unmittelbar hervorragen, wie man dies namentlich in den Alpen beobachtet, wo die höchsten Hörner auf den Kanten der Hauptketten liegen.

Ausnahmen von dieser Regel sind jedoch nicht selten und zuweilen treten bedeutende Berggipfel hervor, die getrennt von dem Hauptrücken des Gebirges sind; so gewissermaßen, wenigstens zum Theil, der Montblanc, die Ortlerspitze im südwestlichen Tyrol, der Mont Perdu, die Maladetta in den Pyrenäen, so daß also gerade diese Ausnahme von jener Regel auf die höchsten Gebirgsgipfel Anwendung findet, ein Verhalten, welches ebenfalls in der skandinavischen Alpenkette beobachtet worden ist. Wahrscheinlich rührt dieses interessante Verhältniß von der stärkeren Erhebung her, welche die einzelnen Gipfel im Verhältniß zur ganzen Kette erlitten haben, und welche sie nöthigte, sich loszureißen. Dies zeigt sich nach L. v. Buch *) deutlich am Montblanc; im Falle der Isolirung der höchsten Gipfel von der Hauptkette entspricht dann dem Auftreten eines solchen eine Erniedrigung in dem dahinter liegenden Theile der Hauptkette selbst. — Ferner bemerkt man zuweilen in größeren Gebirgen eine solche Vertheilung der Berggipfel, daß sie am Rande großer kreisförmiger Räume stehen, welche mit steilen Wänden umgeben sind; diese Erscheinung zeigt sich ausgezeichnet in der Berggruppe des Monte Rosa, in welcher sieben Berggipfel einen großen Raum, den Circus von Macugnaga einschließen, der nach Saussure $1^1/_4$ deutsche Meile im Durchmesser hat. Aehnliche Gruppirungen der Berggipfel hat Charpentier in den Pyrenäen beobachtet, von denen namentlich die Oule de Gavarnie am obern Ende des Thales von Barrèges anzuführen ist, wie auch der Circus des Thales von Estaubé.

Es wird nicht ohne Interesse sein, das Höhenverhältniß zwischen dem Kamm, als der mittleren Höhe des Gebirges, und dessen größter Erhebung kennen zu lernen; wir wollen deshalb hier eine von Berghaus zusammengestellte Tabelle mittheilen:

Gebirge	Mittelhöhe n	Scheitelpunkt	Dessen Höhe m	n : m
Himalaya (der eigentliche) . .	14700′	Dhawalagiri . . .	26340′	1 : 1,8
Oestliche Cordillere von Bolivia	14300	Illimani	22400	1 : 1,5
Westliche Cordillere von Bolivia	14000	Gualatieri	20640	1 : 1,5
Andes von Quito	11100	Chimborazo . . .	20100	1 : 1,8
Kaukasus	8000	Elbrus	16700	1 : 2
Pyrenäen	7500	Pic Nethou . . .	11722	1 : 1,5
Schweizer Alpen	7200	Mont Blanc . . .	14811	1 : 2
Tatra (Karpathen)	5700	Lomnitzer Spitze . .	7992	1 : 1,4
Küsten-Cordillere von Venezuela	4500	Silla de Caracas .	8100	1 : 1,8
Hardanger- und Sognefield . .	4500	Skageslöesstind . .	7650	1 : 1,7
Auvergne (Hochfrankreich) . .	4000	Mont d'or	5805	1 : 1,4
Riesengebirge	4000	Schneekoppe . . .	4929	1 : 1,2
Sudeten	3800	Altvater	4594	1 : 1,2
Alleghanies	3400	Mount Washington .	6240	1 : 1,8
Schweizer Jura	3400	Molesson	6178	1 : 1,8
Schwarzwald	3200	Feldberg	4597	1 : 1,4
Vogesen	3200	Sülzer Balon . . .	4401	1 : 1,4
Dovre (skandinavisches Geb.) .	3000	Snöhättan . . .	7100	1 : 2,4
Böhmerwald	3000	Rachel	4470	1 : 1,5
Erzgebirge	2600	Keilberg	3823	1 : 1,5

*) Vergl. Friedr. Hoffmann a. a. O. S. 178.

Gebirge	Mittelhöhe n	Scheitelpunkt	Dessen Höhe m	n : m
Thüringer Wald	2400	Großer Beerberg . .	3064	1 : 1,3
Fichtelgebirge	2100	Schneeberg . . .	3237	1 : 1,5
Rhön	2000	Dammersfeld . . .	2841	1 : 1,4
Niederrheinisches Gebirge . .	1800	Großer Feldberg . .	2708	1 : 1,5
Harz	1800	Brocken	3508	1 : 1,9
Deutscher Jura	1800	Hohenberg . . .	3171	1 : 1,7
Hardt	1600	Kalmuck	2077	1 : 1,3
Odenwald.	1500	Katzenbuckel . . .	1917	1 : 1,3
Spessart	1500	Geiersberg . . .	1900	1 : 1,3
Pfälzisches Gebirge	1300	Donnersberg . . .	2090	1 : 1,6

Kammhöhen		Gipfelhöhen	
Harz	= 1	Brocken	= 1
Schweizer Alpen	4	Mont Blanc	4,2
Andes von Quito	6	Chimborazo	5,7
Himalaya	8	Dhawalagiri	7,5

Aus der so eben mitgetheilten Tabelle ergeben sich einige bemerkenswerthe Zahlenverhältnisse, auf welche zum Theil Alex. v. Humboldt*) zuerst aufmerksam gemacht hat. Die Kammhöhen der Alpen, der Cordilleren und des Himalaya verhalten sich fast genau wie 4:6:8, d. h. die mittlere Höhe der Andes von Quito ist um die Hälfte größer als die der schweizer Alpen, der Himalaya ist um die Hälfte der Höhe der Andes höher als diese und doppelt so hoch als die Alpen der Schweiz. Es zeigt sich ferner das oft wiederkehrende Verhältniß, daß nämlich die Culminationshöhe des einen Gebirges gleich ist der Kammhöhe eines andern; so erreichen die Gipfel der Pyrenäen fast gerade die mittlere Höhe des Kammes der Cordilleren, die der Alpen dagegen genau die mittlere Höhe des Kammes der Himalaya-Kette, und ferner ist die höchste Spitze der Karpathen an Höhe gleich dem Kamme des Kaukasus, die höchsten Erhebungen des Riesengebirges, des schweizer Jura und der Auvergne sind nahe gleich der Kammhöhe der Karpathen, und der höchste Berg des Erzgebirges steht mit der Plateauhöhe der Auvergne fast in gleichem Niveau. Endlich ist noch ein Zahlen-Verhältniß zu beachten, welches man in den meisten Hauptgebirgsketten und in mehreren Neben-Gebirgen auftreten sieht und das sich auf die Weise ausdrücken läßt, daß die Höhe der Culminationspunkte genau, oder doch sehr nahe, das Doppelte der Kammhöhe beträgt; so im Himalaya, in den Andes von Quito, in den schweizer Alpen, im Kaukasus, in den Alleghanies, in der Küstenkette von Venezuela, im schweizer Jura, in einigen Theilen des skandinavischen Gebirges, im Harze. Bei andern Gebirgen ist das Verhältniß der Kammhöhe zur größten Gipfelhöhe geringer und bei vielen sehr aushaltend gleich 1 : 1,4 bis 1,6, so unter den Hochgebirgen bei den Pyrenäen, den Andes von Bolivia, den Karpathen; unter den Gebirgen von geringerer Höhe beim Berglande von Auvergne, beim Schwarzwald, bei den Vogesen, dem

*) Poggendorff's Ann. d. Ph. u. Ch. Bd. XXIII. Taf. VI.

Böhmerwald, Erzgebirge, Fichtelgebirge, bei der Rhön und dem niederrheinischen Gebirge.

Die Thäler oder die Vertiefungen zwischen den Erhebungen laufen entweder zwischen Parallelketten hin und werden dann Längenthäler genannt, oder sie durchschneiden diese in einer Richtung, welche senkrecht auf die der Längenthäler steht, und führen dann den Namen Querthäler, durch welche meistens die Gewässer von den oberen Gebirgsregionen sich ihren Weg bahnen und in Wasserfällen und über Stromschnellen bis in die Ebene hinab sich ergießen. Beispiele von Längenthälern bieten in den Alpen die Thäler dar, welche vom Inn, von der Adda, von der Sau und Drau, von einem Theile des Rheins und der Rhone ꝛc. bewässert werden, und im großartigsten Maßstabe die Flußthäler des oberen Indus und des oberen Sutledsch im Himalaya, sowie des oberen Maranhon in den Anden von Peru. Querthäler treten in jedem Gebirge auf, auf welchem Flüsse und Ströme ihren Ursprung nehmen: so ergießt sich in den Alpen der Rhein durch zahlreiche Querthäler und bildet noch außerhalb der Alpen ein großes Querthal zwischen Bingen und Bonn, und durch eine gleiche Vertiefung ergießt sich die Elbe zwischen Lobositz bis unterhalb Meißen, während am großartigsten diese Erscheinungen wieder im Himalaya auftreten, wo Indus und Sutledsch den ganzen Hochgebirgswall in gewaltigen Querthälern durchfurchen.

Endlich ist noch einer Erscheinung Erwähnung zu thun, welche allen bedeutenden Gebirgen gemeinsam ist, nämlich der Pässe, welche entgegengesetzte Thäler und dadurch die Länder auf beiden Seiten des Gebirges mit einander verbinden und so die wichtigen Handelsstraßen bezeichnen, auf welchen der Verkehr der Menschen unter einander seit Jahrhunderten und Jahrtausenden stattgefunden hat. Die Pässe sind die Vertiefungen zwischen den Gipfeln des Gebirges und bezeichnen die tiefsten Einschnitte des Kammes. Diese Gebirgseinschnitte oder Einsattelungen werden im Deutschen Pässe, Joche, Scheidecken, Furken, Tauern, im Französischen Cols, Fourches, im savoyischen Patois Forclaz genannt. In den östlichen und westlichen Pyrenäen heißen sie ebenfalls Cols, im centralen Theile der Kette aber Ports, im Spanischen Puertos; in Nieder-Navarra heißen die Pässe Lepoa (ein baskisches Wort); je nach dem Volksdialect und zuweilen auch nach den Modificationen in der Höhe, Gestalt oder der Häufigkeit des Vorkommens nennt man die Pässe in den Pyrenäen auch Portillon, Cot, Hourque, Hourquette, Fourque, Fourquette, Porte, Breche *). Man darf sich die Pässe nicht auf die Weise vorstellen, als ob sie die Punkte bildeten, wo man über den Hauptkamm oder die höchste Kante des Gebirges steigen könnte, so daß man oben angelangt plötzlich von der Höhe des Gebirges aus einen freien Blick in das jenseits gelegene Land zu werfen vermöchte. So verhalten sich nur die kleineren überall zugänglichen Gebirge, von deren Höhe aus man das zu beiden Seiten derselben sich ausbreitende Land zu übersehen vermag; dergleichen Pässe bilden z. B. der Passo della Tambura in den Bergen von Carrara und die Pässe der Bergkette von Sicilien, welche zwischen dem Aetna und dem Meere sich hinziehen. Ganz anders jedoch ist der Anblick, den die Pässe in den höheren, den eigentlichen Alpengebirgen gewähren. Wir folgen hier bei der Beschreibung der

*) Vergl. Berghaus, Länder- und Völkerkunde. Theil II. S. 453.

Natur dieser Pässe der von Ebel *) gegebenen Schilderung. Dort, wo man die hohen Kämme zahlreicher parallel laufender Bergketten nicht ohne Beschwerde und nur an wenigen Punkten ersteigen kann, sind die vorzugsweise sogenannten Pässe stets scharf bezeichnete Einschnitte, welche quer durch das ganze Gebirge hindurchsetzen, so daß sie aus der Verbindung zweier entgegengesetzt auslaufender Thäler gebildet werden, oder selbst als das Gebirge quer durchsetzende Thaleinschnitte, als die höchsten Querthäler der Centralkette betrachtet werden. An dem Eingange solcher Gebirgsübergänge angelangt, steigt man daher oft mühsam auf schmalem Pfade viele Stunden weit in einem engen und tief eingeschnittenen Thalgrunde aufwärts, auf einem an steilen Felswänden oft künstlich befestigten Wege längs den Uferrändern eines tobenden Bergstroms. Man gelangt endlich nach verschiedenartigen Absätzen und Krümmungen auf die Scheideck oder den Scheitelpunkt des Bergpasses, aber statt der gehofften freien Aussicht in das Tiefland findet man dort noch dieselbe Natur des Gebirges. Stets beengt von hoch aufsteigenden Felswänden, über welche die höchsten Gipfel des Gebirges oft noch 3000, 4000, ja selbst 9000 Fuß hervorragen, erblickt man sich in einem nackten, öden, von hohen steilen beschneiten und begletscherten Felsen ummauerten Thale, in welchem nur das Sausen der Winde und das wunderbare Gestaltenspiel der Wolken Bewegung verbreiten; oft eine ansehnliche Strecke weit bleibt es zweifelhaft, ob man den Gebirgskamm schon überschritten habe und sich am jenseitigen Abhange befinde. Stets noch umschlossen von hohen steilen Wänden, geht man endlich entschieden wieder bergabwärts; immer tiefer und oft ganz schluchtenartig schneidet das Thal ein und die Aussicht eröffnet sich endlich erst, wenn die hohe Gebirgsnatur allmälig sich verliert und man dem letzten Rande der Mauer sich nähert, aus deren oft schmaler Pforte hervortretend der herabstürzende Bergstrom nun plötzlich in die Niederung sich ausbreitet. Dies ist das wahre Bild aller größeren Alpenpässe oder der Pässe aller Hochgebirge.

Eine interessante Erscheinung bieten die Pässe eines und desselben Gebirges hinsichtlich der mittleren Erhebung ihres Scheitelpunktes über die Meeresfläche dar. Schon Ebel bemerkte in den Alpen, daß die bedeutenderen Pässe der Alpen fast alle in ziemlich gleicher Meereshöhe liegen, nämlich von 6000—7500 Par. Fuß, wie man aus der folgenden Tafel ersieht:

der Mont Cenis . .	6360 F.	der St. Bernhardin	6584 F.
der kleine St. Bernhard	6750 „	der Splügen . .	6513 „
der große St. Bernhard	7548 „	der Bernina . .	6260 „
der Simplon . . .	6174 „	das Stilfser Joch .	8610 „
der Gries	7336 „	der Septimer . .	7000 „
der St. Gotthard . .	6390 „	der Maloja . .	5850 „

Die mittlere Höhe der Gebirgspässe der Alpen setzt Alex. v. Humboldt **) auf 7068 F., also etwas niedriger als die mittlere Kammhöhe des Gebirges. In den Pyrenäen sind, in Betracht der geringen Ausdehnung dieses Gebirgszuges (50 geogr. Meilen), eine weit größere Anzahl von Pässen vorhanden als in den Alpen; der niedrigste derselben, der Col de Tuymorin, liegt 5760 F. über der Meeres-

*) Ebel, Bau der Erde. Bd. I. S. 38 ff.
**) Poggendorff's Ann. d. Ph. u. Ch. Bd. XIII. S. 514—522.

fläche, während die höchsten, wie Port de Pinède, Port de Campbiel rc. zu 7680, ja sogar bis zu 8000 F. sich erheben. Als Mittel aus den Höhenmessungen von 13 verschiedenen Pässen giebt Alex. v. Humboldt die Paßhöhe der Pyrenäen zu 7302 Fuß an, also noch etwas höher als die mittlere Kammhöhe der Alpen, dagegen um etwa 200 Fuß niedriger als die den Pyrenäen zukommende Kammhöhe. Einer der niedrigsten Pässe in der Cordilleren-Kette Südamerica's ist der von Quindin und dieser liegt 10788 F. über dem Meere, während der höchste Paß, der von Guanacas, bis zu 13800 F. emporragt; als die mittlere Paßhöhe kann man 10914 F. annehmen, also nur um ein sehr Geringes niedriger als die von Alex. v. Humboldt bestimmte mittlere Kammhöhe dieses Gebirges. Die Pässe des Himalaya-Gebirges steigen noch höher hinauf, indem der niedrigste, der Rol-Ghati, 14070, der höchste dagegen 15774 F. hoch liegen soll; als mittlere Höhe ergiebt sich daraus 14592 F., also fast dieselbe Höhe wie die des Mont Blanc.

Die gleichförmige Erhebung der Pässe, die man namentlich in den Alpen und auch in anderen Gebirgen bemerkt und deren mittlerer Werth ein gewisses Verhältniß zur allgemeinen Erhebung der Gebirgskämme zeigt, giebt zu der Folgerung Anlaß, daß das Minimum der Erhebung eines Gebirges ebenso wenig localen Zufälligkeiten unterworfen ist, wie seine Gestaltung in gewissen Parallelrichtungen und überhaupt seine ganze ursprüngliche Bildung, indem nämlich die Erhebung eines Gebirgsganzen in gewissen Strecken nur durch einen gleichförmig auf dieselben einwirkenden, allgemeinen und an seinen Wirkungen abmeßbaren Kraftaufwand erfolgt sein kann*).

Bekanntlich wurde lange Zeit hindurch der Mont Blanc als der höchste Punkt der alten, sowie der Chimborazo als die höchste Erhebung der neuen Welt betrachtet; allein seit 1817 weiß man, daß in dem Himalaya-Gebirge mehrere Gipfel noch weit höher in die Atmosphäre hineinragen, während man später (1827) auch in America selbst, in den Anden von Bolivia, Bergspitzen entdeckte, welche die Höhe des Chimborazo bedeutend übertreffen, indem die eine derselben eine deutsche Meile hoch in die Luft sich erhebt. Unter den höchsten Bergen der Erde sind nach Berghaus die folgenden 10 die bemerkenswerthesten:

1)	Dhawalagiri, im Himalaya	26340 F.
2)	Nanda Dewi, ebendaselbst	24156 =
3)	Ancomani oder Schneeberg von Sorata, in den bolivianischen Anden	23694 =
4)	Schneeberg von Illimani, ebendaselbst	22398 =
5)	Aconcagua, in der Andes-Kette von Chili	21768 =
6)	Chimborazo, in den Andes von Quito	20148 =
7)	Gualatieri, in der Andeskette von Bolivia	19440 =
8)	Elbrus, im Kaukasus	16800 =
9)	Popocatepetl, auf dem Plateau von Mexico	16626 =
10)	Mont Blanc, in den europäischen Alpen	14750 =

In dieser Reihenfolge, in welcher der leichteren Uebersicht wegen von den colossalen Erhebungen des Himalaya-Gebirges nur zwei aufgeführt worden sind, nimmt also, wie man sieht, der Chimborazo erst die sechste Nummer ein, und man

---

*) Fr. Hoffmann, Physikal. Geographie.

muß drei Viertheile der Höhe des Mont Blanc auf dessen Gipfel setzen, um die Riesenhöhe des indischen Mont Blanc (Dhawala Giri, d. h. Weißer Berg) zu erreichen, welche mehr als $1^1/_8$ deutsche Meile beträgt.

II. Innere Gebirgsbeschreibung.

A. Bestandtheile der Gebirgsarten.

1) Krystallinisch-massige, plutonische Gesteine.

Nur eine geringe Anzahl von Mineralien findet man auf der Erdoberfläche in so großer Menge verbreitet, daß sie als wesentlich für die Zusammensetzung der Erdrinde überhaupt angesehen werden können. Diese Mineralien sind vorzugsweise: der Quarz, Feldspath, die Hornblende, der Augit, Glimmer und Talk; ferner die weniger häufig in sehr großer Quantität auftretenden Fossilien: Zeolith, Nephelin, Olivin, Zirkon, Serpentin, Leuzit, Magneteisenstein, Chlorit, Eisenglimmer und Granat. Die angeführten Mineralien, welche entweder einzeln für sich oder in einem Gemenge zu zwei oder drei die Gebirge oder die die Erdrinde bildenden Gesteine zusammensetzen, sind wiederum fast ausschließlich chemische Verbindungen derselben Elemente, vorzugsweise von Kieselerde, Thonerde, Alkalien, Kalkerde und Eisenoxyd, und unterscheiden sich nur durch die verschiedenen Mengenverhältnisse, in welchen diese Stoffe mit einander verbunden sind. Nach einer ungefähren Berechnung kann man annehmen, daß von der Erdrinde $^2/_3$ aus Kieselerde, $^1/_6$ aus Thonerde, $^1/_{12}$ aus Kalkerde und Magnesia, $^1/_{24}$ aus fixen Alkalien, $^1/_{48}$ aus Eisen und das letzte $^1/_{48}$ aus den übrigen auf der Erde vorhandenen Elementen besteht und zusammengesetzt ist. Die wichtigeren Gebirgsarten sind folgende:

a) Quarz-Feldspath-Gesteine.

Der **Granit** ist ein körniges Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer; der Quarz ist grau oder weißlich von Farbe, sehr selten in deutlichen Krystallen ausgebildet, der Feldspath dagegen fast immer in deutlichen, oft großen und vollkommenen Krystallen vorhanden, namentlich in dem älteren großkörnigen skandinavischen Granit, wo der Feldspath auch fleischroth gefärbt vorkommt, während er in dem jüngeren, z. B. in dem deutschen, Granite sehr häufig farblos ist und oft auch als Natron-Feldspath oder Albit auftritt. Der Glimmer ist entweder weiß, braun oder schwarz gefärbt, gewöhnlich nur in Blättchen vorhanden, zuweilen aber auch in deutlichen regulär-sechsseitigen Säulen herauskrystallisirt. Der Granit spaltet unter dem Einflusse der Atmosphäre in große würfelartige oder parallelepipedische Blöcke und nur, wo er sehr kleinkörnig wird, findet man auch manchmal schalige oder schieferige Absonderungen.

Dieselben Gemengtheile, wie der Granit, enthält auch der **rothe Porphyr**, auch **Quarz-** und **Feldsteinporphyr** genannt, vorzugsweise und wesentlich nur Feldspath und Quarz, oft aber auch Glimmer beigemengt; der Unterschied zwischen beiden Gebirgsarten liegt nur in der verschiedenen Zusammengruppirung jener Mineralien; beim Porphyr ist eine scheinbar oder wirklich gleichartige Grundmasse, aus durch Eisen- und Manganoxyd röthlich gefärbter Quarzmasse oder einem Gemenge von Quarz und Feldspath bestehend, und in dieser Grundmasse haben sich deutliche hellfarbige Krystalle von Orthoklas und Albit und oft auch kleine krystallinische Quarzkörner ausgeschieden. In dem bei Halle

vorkommenden rothen Porphyr wurden in einer frischen Varietät gefunden: 25 Proc. Orthoklas, 33 Proc. Albit und 37 Proc. Quarz nebst Spuren von Glimmer und Flußspath*). Der Trachyt oder Trachytporphyr ist eine dem rothen Porphyr ganz analog zusammengesetzte Gebirgsart, bestehend aus einer rauhen, dichten, oft porösen oder blasigen, grau-weißlichen, feldspath-quarzigen oder albitischen Grundmasse, in welcher Krystalle von glasigem Feldspath porphyrartig sich ausgeschieden haben; der Trachyt-Porphyr von Palmarola besteht z. B., nach Abich**), aus 50 Proc. glasigem Feldspath, 25 Proc. Albit und 25 Proc. Kieselerde. Der Trachyt vom Drachenfels im Siebengebirge besteht dagegen zum größeren Theile aus glasigem Feldspath und Albit und einem kleineren durch Säuren aufschließbaren Theil (12,5 Proc.), welcher Magneteisenstein und ein zeolithartiges Mineral enthält. — Der Phonolith oder Klingstein ist ein inniges Gemenge von Feldspath und einem Zeolith, meist grün, auch grau und gelblich gefärbt und bunt gefleckt. — An den Trachyt und Phonolith schließt sich unmittelbar die feldspathige Lava hinsichtlich ihrer Zusammensetzung an, in welcher Abich in einer auf der Insel Ischia vorkommenden Varietät 3,61 Olivin, 9,22 Augit, 2,72 Magneteisenstein und 84,45 Proc. eines Kali-Natronfeldspaths von einer noch nicht beobachteten Zusammensetzung $= \dot{R}^3 \overset{\cdots}{Si}{}^2 + \overset{\cdots}{\bar{R}} \overset{\cdots}{Si}{}^3$ fand. — Der Pechstein, Perlstein, Obsidian und Bimsstein sind alle fast gleich zusammengesetzt und ihre durchschnittliche Formel stimmt ziemlich nahe mit der des glasigen Feldspaths $= \left.\begin{matrix}\dot{K}a\\ \dot{N}a\end{matrix}\right\} \overset{\cdots}{Si} + \overset{\cdots}{\bar{Al}} \overset{\cdots}{Si}{}^3$ überein. Die Tuffe oder vulkanischen Aschen fand Abich gleichfalls aus einem durch Säuren zerlegbaren zeolithartigen Minerale $= \dot{R} \overset{\cdots}{Si} + \overset{\cdots}{\bar{R}} \overset{\cdots}{Si} + \dot{\bar{H}}$ und einem unlöslichen feldspathartigen Gemengtheile $= \dot{R} \overset{\cdots}{Si} + \overset{\cdots}{\bar{R}} \overset{\cdots}{Si}{}^2$ zusammengesetzt, nebst Trümmern von Augit.

b) Hornblende-Feldspath-Gesteine.

Der Syenit ist ein Granit, aus welchem der Quarz und der Glimmer als Gemengtheile fast ganz verschwunden sind, an deren Stelle die Hornblende getreten ist und mit dem Feldspath ein gewöhnlich grobkörniges Gestein bildet, welches zuweilen auch eine porphyrartige Structur annimmt. Wird in dieser Gebirgsart der gewöhnliche Kali-Feldspath durch den Natron-Feldspath oder Albit ersetzt, so hat man ein neues Gestein, den Grünstein oder Diorit, der oft als eine dichte, scheinbar gleichartige, dunkelfarbige Masse (Aphanit) auftritt, in welcher scheinbar gleichartigen Grundmasse auch Albitkrystalle porphyrartig sich ausscheiden (Dioritporphyr); schieferige Abänderungen sind die Dioritschiefer; wenn der Albit als Gemengtheil sehr zurücktritt, geht der Diorit über in das Hornblendegestein oder den Hornblendeschiefer. Der Variolit oder Blatterstein ist ein sehr feinkörniger Diorit mit eingewachsenen kugeligen Körnern von weißem dichtem Feldspath.

c) Augit-Feldspath-Gesteine.

Der Dolerit ist ein Gemenge von Augit und Kalk-Feldspath oder Labra-

---

*) Vergl. Wolff, Beiträge zur Kenntniß des rothen Porphyrs von Halle; Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXIV. S. 193—233. Bd. XXXVI. S. 412—421.

*) Abich, Geolog. Beobachtungen über die vulkan. Bildungen von Unter- u. Mittelitalien. S. 19 ff.

dor, im Aeußern dem Diorit ganz ähnlich und noch mehr als dieser geneigt, eine porphyrähnliche Structur anzunehmen (Doleritporphyr, Augitporphyr, Trappporphyr oder Melaphyr). Magneteisenstein findet man häufig im Dolerit eingesprengt; wird der Labrador durch Nephelin vertreten, so hat man den Nephelinfels oder Nephelinporphyr; im Gabbro ist dagegen neben dem Labrador das dem Augit verwandte Mineral des Diallag oder Bronzit als wesentlicher Gemengtheil vorhanden, welches im Hypersthenfels durch Hypersthen wiederum verdrängt worden ist. — Der Basalt ist ein dichter Dolerit, aber von diesem leicht durch seinen Wassergehalt zu unterscheiden, indem an die Stelle des Labrador, außer Nephelin, ein wasserhaltiges zeolithartiges Fossil getreten ist; nach Girard*) enthielt eine Basalt-Varietät: 22,69 Proc. Mesotyp, 22,69 Nephelin, 6,37 Magneteisen und 48,25 Augit; auch Olivin ist im Basalt in kleineren oder größeren Körnern so häufig enthalten, daß er fast als wesentlich für diese Gebirgsart betrachtet werden kann. — Sehr ähnliche Zusammensetzung mit den eben angeführten Gesteinen haben die sogenannten augitischen oder doleritischen Laven, welche von den Feldspath-Laven durch dunklere, meist grüne, graue oder röthliche Farben sich unterscheiden; nach Abich enthält z. B. die Lava der Insel Stromboli aus dem Jahre 1836 an Labrador 48,18, an Augit 44,91 und an Magneteisenstein 6,91 Proc. — Ein dem Augit ähnlich zusammengesetztes, aber wasserhaltiges Mineral ist der Serpentin, welcher auch nicht selten in großen Massen als Gebirgsart, gewöhnlich dunkelgrün gefärbt, auftritt und von dem Basalt durch geringere Härte sich unterscheidet, oft aber ähnliche Beimengungen wie dieser enthält, nämlich Magneteisenstein, Olivin, Chromeisen, Asbest und Arsenikkies.

2) Krystallinisch-schieferige, metamorphische Gesteine.

Dem Granite hinsichtlich seiner Gemengtheile ganz gleich zusammengesetzt und nur durch mehr oder weniger vollkommenes, dick- oder dünnschieferiges Gefüge von demselben unterschieden, gehört der Gneis als Hauptrepräsentant dieser Abtheilung der Gebirgsarten an; die Glimmerblättchen findet man in der Regel auf den Schichtenflächen abgelagert und zwischen denselben das grob- oder feinkörnige Gemenge von Quarz und Feldspath eingeschlossen. Bei dem Zurücktreten des Feldspaths oder dem völligen Verschwinden desselben geht der Gneis in den dünnschieferigen Glimmerschiefer über, welcher wieder, wenn der Glimmer durch Chlorit oder Talk vertreten ist, in Chlorit- oder Talkschiefer sich verwandelt. Die angeführten krystallinisch-schieferigen Gesteine sind alle ausgezeichnet durch das Vorkommen einer großen Menge meist schön krystallisirter Mineralien, unter welchen der Granat das häufigste ist, außerdem Turmalin, Cyanit, Hornblende, Strahlstein, Bitterspath, auch Smaragd, Beryll, Kobaltglanz und Eisenkies.

3) Erdig-schieferige, neptunische Gesteine.

Der Thonschiefer besteht, wie der Name andeutet, hauptsächlich aus Thon, welchem Kieselerde, die ganze Masse durchdringend oder in einzelnen Quarzkörnern fein eingesprengt, beigemengt ist; er erscheint gewöhnlich durch Kohle grau oder schwarz gefärbt und enthält außerdem stets größere oder geringere Mengen von Kalk, Talk, Eisenoxyd und Alkali. Die dünnschieferigen Abarten nennt man

*) Rammelsberg's Handwörterbuch d. chemischen Theils d. Mineralogie. S. 79 ff.

Dachschiefer, Tafelschiefer und Zeichenschiefer, die bituminösen und schwefelkieshaltigen nennt man Brandschiefer und Alaunschiefer, die harten sehr kieseligen Varietäten Wetzschiefer, Kieselschiefer und lydischen Stein. Der Kleb- oder Polirschiefer ist ein stark hygroskopischer Stein, welcher aus Thon und den kieseligen Gehäusen urweltlicher Infusorien besteht. Bei unvollkommener Schieferung und geringerer Härte und Festigkeit geht der Thonschiefer in den Schieferthon über, aus welchem durch Einwirkung des Feuers der buntgefärbte Porzellanjaspis entsteht. Der reine Thon, Kaolin oder Porzellanerde ist nach der Formel $= \dddot{\bar{Al}}^3 \dddot{Si}^4 + 6 \dot{\bar{H}}$ *) oder auch $= \dddot{\bar{Al}} \dddot{Si} + 1^1/_2 \dot{\bar{H}}$ **) zusammengesetzt; wenn derselbe mit Kalk, Sand, Kali vermischt und durch Eisen- und Manganoxyde gefärbt auftritt, so bildet er den gewöhnlichen blauen oder gelben Thon und Lehm.

Die Sandsteine sind aus fest oder locker zusammengruppirten, meist abgerundeten Quarz- oder Feldspathstückchen gebildet, welche gewöhnlich durch ein kieseliges, kalkiges, thoniges, oft von Eisen- oder Manganoxyd durchdrungenes und durch diese Metalloxyde mannigfach gefärbtes Bindemittel zusammengehalten werden. Die grobkörnigen Sandsteine sind Conglomerate oder Gebirgsarten, deren Gemengtheile aus abgerundeten Bruchstücken älterer krystallinischer und mechanisch zerstörter Gesteine bestehen; sind diese Bruchstücke noch eckig und scharfkantig, so hat man die Breccien, welche mit den Conglomeraten die sogenannten Trümmergesteine bilden.

Der kohlensaure Kalk ist eine feste chemische Verbindung, welche in kleineren Partien als Mineral krystallisirt im Kalkspath auftritt, in größeren Massen als Gebirgsart, noch ziemlich rein und unvermischt im körnig-krystallinischen Zustande als Marmor auf der Erdoberfläche verbreitet ist; die reinste Varietät ist der weiße Marmor von Carrara. Der gewöhnliche Marmor ist gewöhnlich durch verschiedene Metalloxyde bunt oder durch Kohle schwarz gefärbt, verliert dann oft seine krystallinische Structur und geht in den gemeinen dichten oder erdigen Kalkstein über, der zuweilen aus kleineren oder größeren concentrisch schaligen Körnern besteht (Erbsenstein, Roogenstein oder Oolithenkalk) und oft verschiedene Beimengungen enthält, wie Magnesia (Dolomit), Thon (Mergel, Mergelstein, Tutenmergel, Mergelschiefer) oder Bitumen (bituminöser Kalk, Stinkkalk).

Der Gips oder schwefelsaure Kalk findet sich in der Regel krystallisirt oder krystallinisch in der Natur vor, entweder großblätterig oder grob- und feinkörnig (Alabaster) oder faserig (Fasergips) oder fein erdig (Schaumgips) oder in derben Massen mit erdigem Bruch, entweder farblos oder mannigfach gefärbt. Der wasserfreie schwefelsaure Kalk heißt Anhydrit und bildet meist kleinkörnige oder dichte, oft grau oder blau gefärbte Massen.

Die Ueberreste urweltlicher Vegetabilien oder die Mineralkohle findet man als Gebirgsart, zuweilen bedeutende Lager bildend, vorzugsweise in drei verschiedenen Arten, je nachdem die Pflanzen, von deren früherer Existenz sie

*) Forchhammer in Pogg. Ann. d. Ph. u. Ch. Bd. XXXV. S. 348 ff.

**) Brongniart u. Malaguti im Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XVII. S. 118. Bd. XXXI. S. 129—160.

Rechenschaft giebt, einer früheren oder späteren Periode der Erdgeschichte angehören, als Steinkohle, Braunkohle und Torf. Die Steinkohle enthält entweder kein Bitumen, wie der Graphit, Anthracit und die Faserkohle oder mineralische Holzkohle, welche fast reiner Kohlenstoff ist, oder sie ist bituminös, wie die gewöhnliche Steinkohle, die wegen ihres Gehaltes an Wasserstoff und Sauerstoff mit Flamme verbrennt. Die Braunkohle ist dagegen reicher an Sauerstoff als die Steinkohle und gleicht hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung mehr der noch unzersetzten vegetabilischen Substanz, welches namentlich bei dem in den Braunkohlenlagern so häufig vorkommenden fossilen Holze der Fall ist; die mehr dichte Braunkohle mit erdigem oder muscheligem Bruch ist gewöhnlich stark gemengt mit erdigen Mineralstoffen, welche bei dem Verbrennen in der Asche zurückbleiben; in der Braunkohle findet man oft fossile Harze, wie namentlich Bernstein, Honigstein und Retinit. Der Torf endlich ist eine ganz neue Bildung, welche noch jetzt vor unseren Augen aus noch lebend vorhandenen Pflanzen vor sich geht, oft noch leicht erkennbare, nur wenig durch Humusvermoderung veränderte Pflanzentheile enthält und zuweilen in seinen unteren Schichten in eine der erdigen und dichten Braunkohle ganz ähnliche humose oder bituminöse Masse übergeht.

B. Veränderungen, welche die Gebirgsarten durch äußere Einflüsse erleiden.

Selbst die festesten und härtesten Gesteine sehen wir unter dem Einflusse des Wassers und der atmosphärischen Luft allmälig, wenn auch oft erst im Verlaufe von Jahrhunderten oder Jahrtausenden, auseinander fallen, verwittern, in andere einfachere chemische Verbindungen sich auflösen oder mechanisch durch die Kraft des Wassers und des vulcanischen Feuers in immer kleinere Trümmer zerfallen. Es bilden sich in den festen Gesteinen zuerst in Folge der fortwährend sich ändernden Temperaturverhältnisse Risse und Spalten in den Felsen, welche oftmals, je nach der Beschaffenheit des Gesteines, zu besonderen Oberflächen-Gestaltungen und Absonderungen Anlaß geben; so lösen sich bei den Granitbildungen oftmals große parallelepipedische Blöcke ab, bei dem Basalte treten die Absonderungen gewöhnlich säulenförmig auf, bei den Grünsteinen und Porphyren plattenförmig, der Kalkstein steigt oft mit zahlreichen, wunderbar geformten Zacken und Hörnern in die Luft hinauf, während der Sandstein, in mächtigen Blöcken mauerartig über einander gelagert, mehr eine ebene Oberfläche darbietet, nur durchfurcht von zahlreichen Einschnitten der Bäche und der Flüsse. Das atmosphärische Wasser dringt ein in jene Risse und Spalten uud bewirkt schon durch sein eigenes Gewicht, indem es je nach den Umständen einen mehr oder weniger starken Seitendruck ausübt, die Erweiterung jener Spalten und das allmälige Auseinanderfallen der Gesteine, eine Wirkung, welche noch dadurch bedeutend beschleunigt wird, daß das Wasser durch die Kälte des Winters gefriert und durch die hierbei stattfindende Ausdehnung die Felsen gewaltsam auseinander reißt, indem die Gebirge bei dem Schmelzen des Eises ihre Stützpunkte verlieren und mächtige Blöcke von der Hauptmasse des Felsens sich ablösen, welche am Fuße desselben theils von der Gewalt der an ihnen sich brechenden Wogen des Meeres oder der Flüsse, theils durch die schon angedeuteten Ursachen in immer kleinere Stücke sich theilen, bis sie endlich, zu feinem Sand und Gerölle zermalmt, von den Strömungen des Wassers von dem Orte, wo sie als eine zusammenhängende Masse gebildet oder aus dem Innern des Erdballs hervor-

gestoßen wurden, fortgeführt und in größerer oder geringerer Entfernung als secundäre Lager wieder abgesetzt werden. So werden auch durch Gletscher und Eisfelder, wenn diese im Frühjahre sich lösen und fortschieben, in die Thäler hinein oder in das Meer sich hineinstürzen, große Massen von kleineren und größeren Felsstücken losgerissen und von ihrer ursprünglichen Lagerstätte entfernt. — Auch die Kraft des unterirdischen Feuers mag oftmals, und zwar in früheren Perioden der Erdgeschichte häufiger als jetzt, zur mechanischen Zertrümmerung der Gesteine Anlaß gegeben haben, durch gewaltige Erderschütterungen mögen einst ganze Gebirgsmassen zersplittert und die Trümmer derselben über große Flächen hin verbreitet worden sein, wie solches in kleinerem Maßstabe noch jetzt zuweilen vor unseren Augen stattfindet. Selbst die organische Welt hat Antheil an der fortwährenden Zerstörung der Gesteine, die Wurzeln der Pflanzen dringen in die engsten Risse und Spalten ein und erweitern diese, indem sie selbst durch die Kraft der Vegetation an Länge und Umfang zunehmen, bis endlich die Klüfte sich so sehr vergrößern, daß mächtige Steinmassen ihren Halt- und Schwerpunkt verlieren und in die Thäler hinabstürzen. Durch die so eben mitgetheilten Ursachen erleiden die festen wie die loseren Gesteine fortwährend eine mechanische Zertrümmerung, Thon-, Sand- und Kalksteine werden fortgespült vom Wasser und an anderen geeigneten Punkten, mit einander vermischt und verunreinigt durch mancherlei andere Mineralstoffe, als secundäre und tertiäre Schichten wiederum abgeliefert; der harte Quarz und Feldspath und andere die krystallinischen Gebirge zusammensetzende Mineralien werden nach ihrer Zertrümmerung die Veranlassung zu neuen mächtigen Conglomerat-, Breccien- und Sandsteinbildungen.

Wichtiger noch als die mechanischen Kräfte wirkt die chemische Thätigkeit des Wassers, der Luft und des Feuers auf die Zerstörung, die Verwitterung fast aller auf der Erdoberfläche auftretenden Gesteine und Felsen ein. Durch die kräftigsten chemischen Agentien, wie Säuren und Alkalien, sind wir im Stande, leicht und schnell alle in der Natur vorkommende Mineralverbindungen zu zersetzen. Was in unseren Laboratorien durch energische Mittel in wenigen Augenblicken, aber in kleinem Maßstabe ausgeführt wird, das geht in der Natur im Großen vor sich unter dem Einflusse des schwächsten aller Auflösungsmittel, der schwächsten aller Säuren und Basen, nämlich des Wassers und zuweilen auch der Kohlensäure, in langen Zeiträumen, aber dennoch fortwährend in jedem Zeitmomente. Das Wasser nämlich hat das Bestreben, mit festen Mineralstoffen oder Salzen sich zu sättigen; durch seine stetige Einwirkung auf diejenigen Mineralien, aus welchen durch Umlegung der Atome ihrer Bestandtheile auflösliche Verbindungen sich abscheiden können, unter gleichzeitigem Einflusse des Temperaturwechsels der äußeren Atmosphäre und vielleicht auch elektro-magnetischer Strömungen, wird nach und nach die Zerstörung oder Verwitterung der Gesteine bewirkt, das Zerfallen derselben in neue in Wasser auflösliche und mittelst desselben entfernbare und in unlösliche Verbindungen, welche als solche entweder an dem Orte ihres Ursprunges zurückbleiben oder mechanisch in dem Wasser aufgeschwemmt, oft weit fortgeführt und an andern Orten als secundäre Lager wiederum abgesetzt werden. Unter den Bestandtheilen des Granits, einer über einen großen Theil der Erdoberfläche verbreiteten Gebirgsart, ist vorzugsweise der Feldspath, welcher die Fähigkeit besitzt, in einfachere auflösliche und unlösliche Verbindungen zu zerfallen; der Glimmer, obgleich aus denselben Bestandtheilen bestehend, enthält jedoch zu viele erdige Stoffe, als daß das

Wasser in Folge seiner Anziehungskraft zu den auflöslichen Alkalien mit gleicher Leichtigkeit zersetzend einwirken könnte, er verwittert deshalb weit langsamer, um so mehr, je weniger Kali er enthält, oft, wie es scheint, gar nicht; und der Quarz ist natürlich, als einfaches Oxyd des Kiesels, nicht fähig in einfachere Verbindungen sich zu zerlegen. Das in Wasser unlösliche Product der Feldspathverwitterung ist der Thon, welcher in seiner reinsten Abänderung als Kaolin oder Porzellanerde aus $\dddot{\bar{A}l}{}^{3}\,\dddot{Si}{}^{4} + 6\,\dot{\bar{H}}$ besteht; es ist daher aus dem Feldspath eine in Wasser auflösliche Verbindung von Kieselsäure und Kali $= \dot{K}a^{3}\,\dddot{Si}{}^{8}$ entfernt worden, denn $3\,(\dot{K}a\,\dddot{Si} + \dddot{\bar{A}l}\,\dddot{Si}{}^{3}) = \dddot{\bar{A}l}{}^{3}\,\dddot{Si}{}^{4} + \dot{K}a^{3}\,\dddot{Si}{}^{8}$. Die ganze ungeheure Quantität aller Thon- und Lehmablagerungen, wie nicht weniger aller festen Thonsteine und Thonschiefer ist ursprünglich auf die angeführte Art fast ausschließlich durch Verwitterung des Feldspaths, als wesentlichen Gemengtheiles fast aller krystallinischer Felsarten, namentlich des Granits und der verschiedenen Porphyre, entstanden; der anfangs reine Thon ist aber durch Aufschwemmen in Wasser durch andere Stoffe, die gleichfalls vom Wasser mechanisch fortgerissen wurden oder aus demselben allmälig chemisch sich ausschieden, verunreinigt worden und hat so Beimengungen erhalten von Kalk, Sand, Eisen, Mangan und anderen Stoffen, während gleichfalls noch ein größerer oder geringerer Theil des aus dem Feldspath herstammenden Alkalis zurückgeblieben ist. Außer dem Feldspath haben zuweilen auch noch einige andere häufig als Gemengtheile der Gebirgsarten auftretende Mineralien an der Bildung jener Thonmassen Antheil gehabt, namentlich der Augit und die Hornblende, welche vorzugsweise die Grünsteine und Melaphyre zusammensetzen helfen. Die Art der Verwitterung dieser Fossilien ist aber eine andere als bei dem Feldspath und steht in deutlicherer Verbindung mit den bekannten Aeußerungen der chemischen Anziehungskraft. Hier ist vorzugsweise der atmosphärische Sauerstoff das wirkende und zerstörende Agens, indem das Eisenoxydul, welches in jenen grünen und schwarzen Mineralien als färbender Bestandtheil in großer Quantität auftritt, durch Aufnahme von Sauerstoff in die höhere Oxydationsstufe des Eisens, in Eisenoxyd übergeht, mit dessen Bildung natürlich die ursprünglich vorhandene chemische Verbindung aufgehoben wird und das Gestein selbst in ein loses und lockeres, vom Wasser leicht fortzuführendes Gemenge verschiedener Zersetzungsproducte zerfallen muß. Die angeführten Mineralien enthalten nicht, wie der Feldspath, Alkali und es können daher nicht durch Umlegung der Atome ihrer Bestandtheile in Wasser auflösliche Verbindungen ausgeschieden werden; es erzeugt sich hier nur ein in Wasser unlösliches erdiges Pulver, aus welchem die kohlensäurehaltigen atmosphärischen Wasser nur Kalkerde, Magnesia und zum Theil auch Eisenoxydul auszuziehen vermögen und ein unreines thoniges Gebilde zurücklassen. Die kohlensäurehaltigen Wasser wirken, vermöge ihrer Anziehungskraft zu den angeführten basischen Erden, auch unmittelbar auf die Verwitterung der festen, noch unzersetzten Gesteine ein, welche als wesentliche oder zufällige Bestandtheile jene Stoffe enthalten; sie höhlen die Kalksteine besonders aus und sind oft die Ursache der in denselben so häufig auftretenden großen unterirdischen Höhlen, sowie endlich die Gipsfelsen noch leichter vom Wasser angegriffen werden und der auflösenden Kraft desselben ausgesetzt sind.

Wie durch Luft und Wasser erleiden die Gesteine auch durch die Einwirkung des Feuers oft auffallende chemische Veränderungen, entweder durch den alleini-

gen Einfluß von großer Hitze oder unter gleichzeitiger Entwicklung saurer oder alkalischer Dämpfe aus dem Innern der Erde. Der Urthonschiefer ist ganz besonders das Gestein, welches häufig eine spätere Umänderung, Metamorphosirung erlitten hat und in Folge dieser Umwandlung zu der Entstehung der im engeren Sinne des Wortes sogenannten metamorphischen Gebirgsarten die Veranlassung geworden ist. Der Thonschiefer enthält außer der vorherrschenden kieselsauren Thonerde, und abgesehen von der zufälligen Beimengung verschiedener Metalloxyde, stets noch eine größere oder geringere Quantität von freier Kieselerde und von Alkali. Durch den Einfluß des Feuers, bei Berührung mit neuen geschmolzenen, aus dem Innern der Erde hervordringenden Steinmassen, hat der Thonschiefer an vielen Orten eine Art von Schmelzung erlitten, er ist in einen zähflüssigen Zustand versetzt worden, der den Atomen gestattete, ihrer gegenseitigen chemischen Anziehungskraft zu folgen, zu neuen krystallisirten Verbindungen zusammenzutreten, ohne jedoch eine völlig bewegliche Masse zu bilden und die geschichtete Structur des ursprünglichen Thonschiefers vollständig aufzuheben; — ähnlich wie die Krystalle gewisser Mineralien zuweilen in ihrem Innern durch meist unbekannte Ursachen Umänderungen erleiden, ohne ihre äußere Form zu verlieren, so daß das ursprüngliche Mineral manchmal in zwei neue ebenfalls krystallisirte Verbindungen zerfallen ist, ohne daß die Bestandtheile in qualitativer oder quantitativer Hinsicht sich anders als früher gestaltet hätten. Auf die angeführte Weise ist bei Gegenwart einer beträchtlichen Kalimenge in dem Thonschiefer dieser in Gneis, wenn weniger Kali und Natron vorhanden war, in Glimmerschiefer, bei dem vorherrschenden Auftreten von Talkerde in Talk- oder Chloritschiefer verwandelt worden, während die Metalloxyde, namentlich Eisen- und Manganoxydul mit etwas Kalk-, Talk- und Chlorerde zu neuen kieselsauren Verbindungen, ganz besonders zu schön krystallisirten Granaten zusammentraten, deren Vorkommen in diesen metamorphischen Gesteinen beinahe charakteristisch für dieselben ist. Fehlt das Alkali gänzlich in dem Thonschiefer und enthält derselbe statt dessen vielleicht große Mengen von Kalk-, Talkerde und Eisenoxydul, so beobachtet man zuweilen eine Umwandlung und einen Uebergang in Hornblendeschiefer. In eben diese Classe von Gesteinsumwandlungen gehört die Bildung des Quarzfelsens aus dem Quarzsande und namentlich die Bildung des Marmors aus dem dichten kohlensauren Kalke; der als Gebirgsart vorkommende Marmor ist sehr verschiedenen Alters, er kann ein Gebilde der ältesten Periode der Erdgeschichte, der sogenannten Ur- und Uebergangszeit sein, oder er gehört einer weit späteren, sogar der Kreidenperiode an, wie dies bei dem weltberühmten weißen Marmor von Carrara in der That der Fall ist. Oft sind bei der Entstehung des Marmors die in dem ursprünglichen Kalksteine vorhandenen Beimengungen und Verunreinigungen zu neuen krystallisirten Verbindungen zusammengetreten; die Magnesia, Thonerde und Kieselerde findet man nach der Umwandlung z. B. in der Form von Tremolith und Granaten ausgeschieden*). — Die zweite Classe der metamorphischen Erscheinungen tritt dann ein, wenn außer der Hitze die Sublimation eigenthümlicher Stoffe aus dem Innern der Erde beobachtet wird. Hierher gehören ebenfalls viel-

*) Wie im Pentamerus-Kalkstein in der Nähe von Jellebeck, nahe bei Drammen in Norwegen. Vergl. überhaupt über die Metamorphose der Gesteine die Abhandlung von Forchhammer im Journ. f. prakt. Chemie. Bd. XXXVI. S. 403—412.

fache Bildungen von Gneis und Glimmerschiefer aus dem Thonschiefer, welche auf die Weise entstanden, daß mit dem Hervortreten feurig-flüssiger Granitmassen auch Kalidämpfe sich entwickelten, und wahrscheinlich um so mehr, je höher die Temperatur jener geschmolzenen Gesteine war; das Kali drang in die durch Hitze erweichten Schiefer ein, diese wurden gleichsam durch das Kali cementirt, dem Granite zunächst in Gneis verwandelt, während weiter entfernt dieser in Glimmerschiefer überging, sodann Kieselschiefer und lydischer Stein durch innigere Verbindung der mechanisch beigemengten Kieselerde mit den übrigen Bestandtheilen des ursprünglichen Gesteins sich bildete und endlich der Thonschiefer in Structur und Zusammensetzung unverändert blieb. Diese Umwandlungen und allmäligen Uebergänge sind an vielen Punkten der Erdoberfläche genau zu verfolgen, als Beweis der Richtigkeit der hier aufgestellten Theorie. Die Sublimation des Kali's und die in Folge derselben eintretende Metamorphose der geschichteten neptunischen Gesteine scheint vorzugsweise oder allein bei dem Hervorbrechen der sehr feldspathhaltigen Bildungen des Granites und vielleicht auch des rothen Porphyrs stattgefunden zu haben, während das Auftreten der schwarzen eisenhaltigen Felsarten, der Grünsteine und des Melaphyrs selten oder niemals von Entwicklung alkalischer Dämpfe begleitet war, wahrscheinlich weil die überhaupt in geringerer Quantität vorhandenen Alkalien einer nicht so hohen Temperatur ausgesetzt waren, indem der Schmelzpunkt der ganzen Gesteinsmasse wegen Gegenwart des kieselsauren Eisenoxyduls niedriger lag als der des Granites. Wohl aber scheinen andere Stoffe hier luftförmig aufgetreten zu sein und zur Umwandlung der Nebengesteine beigetragen zu haben; so beobachtet man zuweilen, wo Grünsteine mit Schiefern in Berührung treten, an der Grenze zwischen beiden, das Vorkommen einer großen Menge von Turmalin, nach beiden Seiten hin allmälig immer seltener werdend, welche Erscheinung in der Annahme ihre Erklärung findet, daß hier eine Cementation durch Borsäure stattfand. Ferner bemerkt man zuweilen mit dem Hervorbrechen des Melaphyrs die Umwandlung des in der Nähe abgelagerten Kalksteins in Dolomit und einen allmäligen Uebergang des letzteren Gesteins in das erstere und glaubt auch in diesem Falle das Eindringen von dampfförmiger Talkerde in die Schichten des Kalksteins annehmen zu müssen, obgleich chemische Gründe gegen diese Sublimation von Talkerde zu sprechen scheinen, weil dieselbe selbst durch die intensivste, künstlich hervorgebrachte Hitze nicht in den dampfförmigen Zustand überzuführen ist. Mit dem Hervortreten der Melaphyre ist fast allenthalben das Vorkommen von Metallerzen zu beobachten, namentlich auf sogenannten Gängen, als Ausfüllungen der Spalten und Risse in den mit jenem Gesteine in Berührung befindlichen Schichten, und auch hier bleibt keine andere Annahme übrig, als daß jene Metalle oder Metallverbindungen in Dampfform aus der Tiefe des Erdinnern heraus der Oberfläche der Erde sich genähert haben. Schließlich erwähnen wir hier noch, daß auch viele der mächtigen Gipsmassen, welche wir an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche anstehend vorfinden, auf die Weise entstanden sind, daß der schon fertig gebildete Kalkstein oder der kohlensaure Kalk durch das Hervordringen von schwefelsäurehaltigen Wasserdämpfen eine Umwandlung in Gips erlitten hat, eine Erscheinung, welche noch gegenwärtig in der Nähe der thätigen Vulcane oft beobachtet wird, wo außerdem noch mannigfache Umwandlungen des mit dem unterirdischen Feuer in Berührung tretenden Gesteines wahrgenommen werden, welche uns über die Bildung und Metamorphosirung älterer Gebirgsmassen Aufschluß

geben und die wir in dem Artikel Vulcan einer näheren Betrachtung zu würdigen haben.

C. Allgemeine Betrachtungen über das Alter der Gebirgsarten.

Man bemerkt an vielen Orten der Erdoberfläche, wo ein tiefes Flußbett oder ein großer Steinbruch die Gesteine bloßgelegt hat, und namentlich, wenn man zur Gewinnung nutzbarer Erze Hunderte und Tausende von Fußen tief in das Innere der Erde hineindringt, eine große Menge von auf einander folgenden Schichten, die alle vermöge ihrer Gesteinsbildung und Uebereinanderlagerung vom Wasser abgesetzt worden sein müssen, und zwar zu verschiedenen Zeiten, die oberen in neuerer, die unteren in früherer, von der jetzigen immer weiter zurückweichender Zeit. Die große Anzahl dieser neptunischen, auf nassem Wege entstandenen Gesteinsschichten macht es wünschenswerth, ja nothwendig für eine klare Einsicht in die allmälige Entwicklung und Ausbildung unseres Erdkörpers, dieselben nach gewissen Grundsätzen in Classen und Unterabtheilungen zu bringen, sie so zu charakterisiren, daß wir die einzelnen dieser Ablagerungen wieder zu erkennen vermögen, wo sie auch nicht in der deutlichen Aufeinanderfolge vorkommen, wie wir sie an einzelnen Orten wahrnehmen, wo verschiedene Mittelglieder fehlen oder wo die unteren Gesteinsschichten dem Auge des Beobachters verborgen, unzugänglich sind. Man hat deshalb die ganze Masse der geschichteten Gebirge zunächst in große Abtheilungen gebracht, welche man Gebirgsformationen nennt, und die Zeit, während welcher eine solche Formation sich bildete, auf dem Boden des Meeres sich ablagerte, mit dem Namen einer Periode der Entwicklungsgeschichte der Erde bezeichnet. Eine Gebirgsformation ist also eine Reihenfolge von Gesteinsschichten, welche unter gewissen ähnlichen allgemeinen Verhältnissen sich gebildet haben und innerhalb bestimmter Grenzen von gleichem relativen Alter sind. Man darf jedoch die Formationen nicht als scharf charakterisirbare, deutlich von einander getrennte Perioden der Erdgeschichte betrachten; sie dienen nur in ihren allgemeinen Umrissen zur Erleichterung der Uebersicht bei dem Studium der Geologie; man darf nie vergessen, daß es in der Natur nirgends schroffe Gegensätze giebt, daß die Sagen von allgemeinen, gleichzeitig die ganze Erde umfassenden, Revolutionen und Ueberschwemmungen in den Bereich der Mythe gehören, und wir müssen uns mit Alex. v. Humboldt *) der Wahrheit erinnern, daß eine einzige Formation zuweilen mehrere andere vertreten könne.

Um einer bestimmten Schicht ihre Stelle in einer Formation anzuweisen, müssen wir nach dreierlei Richtungen hin unsere Aufmerksamkeit wenden, einmal auf die mineralogische Beschaffenheit, ferner auf die Lagerungsverhältnisse und endlich auf die Versteinerungen oder Petrefacten, welche in denselben vorkommen.

Die mineralogischen Charaktere sind zur Bestimmung des Alters eines geschichteten Gesteins durchaus nicht ausreichend, sie sind um so unzuverlässiger, je jünger das Gestein selbst ist und je späteren Ursprung es hat. Die ganze große Anzahl der Gebirgsschichten oder der neptunischen Gesteine ist in mineralogischer Hinsicht nur dreierlei Art, nämlich es sind Sand-, Kalk- oder Thonsteine (Thonschiefer, Thonlager); diese wechseln fortwährend mit einander ab, in älteren

*) A. v. Humboldt, Lagerung der Gebirgsarten in beiden Erdhälften. 1823. S. 15.

Formationen, wie in jüngeren oder umgekehrt, sie gehen in einander über und sind mit einander gemengt. Die Gesteinsbildung ist natürlich niemals gleichförmig auf der ganzen Erdoberfläche vor sich gegangen, auf der einen Stelle haben sich Sandsteine, auf der andern Kalksteine oder Thonschiefer abgesetzt, je nachdem diese oder jene Stoffe in dem Meere aufgeschwemmt vorhanden waren und dasselbe in einem aufgeregteren oder ruhigeren Zustande sich befand. Wenn auch zuweilen dasselbe Gestein in einer bestimmten Periode der Erdentwicklung sich bildete, so sind doch oft die Charaktere desselben und das äußere Aussehen sehr verschieden: die Farbe verändert sich durch zufällige und locale Beimengungen von verschiedenen Metalloryden, die Tertur geht aus dem Erdigen ins Dichte und selbst Krystallinisch-körnige über, Beimengungen von anderen Substanzen treten in größerer Menge auf und verändern wesentlich die ursprüngliche Beschaffenheit des Gesteins. Die jüngeren vom Wasser abgelagerten Schichten bestehen meistens aus mehr erdigen und lockeren, leichter aus einander fallenden Massen, als dies bei den älteren der Fall ist; jedoch bieten sich auch von dieser Regel gar viele Ausnahmen in der Natur dar. Trotz dieser Unsicherheit, welche die mineralogische Beschaffenheit für die Altersbestimmung der Gebirgsarten darbietet, darf jedoch dieselbe keineswegs vernachlässigt werden, denn es lassen sich dessenungeachtet nicht selten, namentlich bei den älteren Gesteinen, wenn man dieselben nicht an einzelnen Punkten, sondern in ihrer größeren allgemeineren Verbreitung betrachtet, gewisse allgemeine Charaktere aufstellen, welche man in den specielleren Handbüchern der Geognosie ausführlich beschrieben findet; nur muß man denselben keine zu große Bedeutung zuschreiben, wie es allerdings früher geschah, als die Wissenschaft der Entstehungsgeschichte der Erde noch in ihrer Kindheit sich befand.

Die Beobachtung der Lagerungsverhältnisse ist zur genauen Bestimmung der Stellung einer Gebirgsformation von der höchsten Wichtigkeit. Die Gesteinsschichten sind alle ursprünglich in mehr oder weniger horizontaler Lage vom Wasser abgesetzt worden; wo diese gleichförmige Lagerung sich bis jetzt erhalten hat, kann man mit Sicherheit annehmen, daß die zu unterst liegenden Schichten die älteren, die oberen die jüngeren sind. Jedoch die horizontale Lagerung der Schichten ist selten genau bewahrt worden, in der Regel weichen dieselben von dieser Richtung ab und die Schichten sind unter einem kleineren oder größeren Winkel gegen den Horizont geneigt; es haben nämlich später Erderschütterungen, Hebungen oder Senkungen der bereits abgesetzten und schon fertig gebildeten Gesteine stattgefunden, wodurch jene horizontale Schichtenlagerung gestört worden ist. Die unteren Ablagerungen haben oft eine ganz andere Neigung als die oberen, die letzteren sind dann ungleichförmig den ersteren aufgelagert; auch in diesem Falle sind in der Regel die oberen Schichten jüngeren Ursprungs als die unteren, wenn nicht förmliche Ueberstürzungen sich ereignet haben, so daß die älteren Schichten über die jüngeren hingewälzt worden sind. Auch die Störungen selbst in der Schichtenlagerung geben uns Anhaltepunkte für die Altersbestimmung, denn diese treten manchmal mit gleicher Richtung, Neigung und von denselben Nebenerscheinungen begleitet an sehr entfernten Orten in denselben Gebilden auf. Die Art und Weise der Lagerung liefert uns oft die einzige Möglichkeit, das relative Alter einer Schicht einigermaßen mit Genauigkeit festzustellen; nicht selten jedoch werden auch die Lagerungsverhältnisse selbst unklar, wenn mehrfache Hebungen und Verwerfungen die Schichten zu verschiedenen Zeiten zerrissen haben, wenn zwei Bildungen an

dem einen Orte sich berühren, die an einem andern durch mächtige Gesteinsmassen von einander getrennt sind, und endlich wenn keine natürlichen oder künstlichen Profile vorhanden sind, welche die innere Structur des Gebirges aufschließen oder doch wenigstens auf kurze Strecken unserem Auge zugänglich machen. In diesen Fällen werden kaum die Lagerungsverhältnisse, selbst in Verbindung mit der mineralogischen Beschaffenheit, uns in den Stand setzen, mit Sicherheit über das Alter des betreffenden Gesteins zu entscheiden, wenn nicht zu gleicher Zeit

Versteinerungen oder deutlich erkennbare Ueberreste urweltlicher Organismen auftreten, welche durch ihre Uebereinstimmung mit anderen, die wir in schon bekannten Gesteinen gefunden haben, den Weg uns bahnen zu einer richtigen Auffassung aller Verhältnisse. Erst seitdem man in neuester Zeit den Petrefacten eine größere Aufmerksamkeit zugewendet und ihre Bedeutung für die Geognosie erkannt hat, hat diese Wissenschaft so unaufhaltsam rasche Fortschritte machen können und ist es möglich geworden, die Bildung der verschiedenen Formationen von dem Urzustande der Erde an bis auf die gegenwärtige Zeit herab zu verfolgen; dennoch muß auch hier mit Vorsicht verfahren werden und keineswegs darf man glauben, aus einzelnen wenigen Versteinerungen auch stets schon die Stellung eines jeden Gliedes in der großen Kette der Formationen bestimmen zu können; auch hier müssen erst umfassende und vielseitige Forschungen angestellt werden, damit in jeder Hinsicht die Sicherheit der Resultate verbürgt werden könne. Zuweilen fehlen in der Gesteinsbildung einer bestimmten Formation gerade die für dieselben charakteristischen Versteinerungen entweder gänzlich oder kommen nur theilweise vor oder sind durch andere weniger charakteristische ersetzt. Die Zustände der Erdoberfläche können niemals überall dieselben gewesen sein, in der Tiefe des Meeres müssen andere Organismen erzeugt worden sein, als in dem flachen Küstenwasser ihre Existenz fristen konnten; der Gehalt des Wassers an auflöslichen Salzen muß, wie jetzt, auch in früheren Zeiten ein verschiedener gewesen sein an den verschiedenen Punkten der Erde, ein kalkhaltiges Wasser ernährt andere Thiere und Pflanzen, als ein kieselhaltiges, in dem klaren hellen Wasser mit sandigem Grunde können andere und eine größere Anzahl von Geschöpfen leben, als in dem schlammigen und trüben thonigen Wasser, wie es an mehreren Stellen der Erdoberfläche vorhanden ist und war. Die Uebereinstimmung der Versteinerungscharaktere ist um so größer, je weiter wir in die Geschichte der Erdentwicklung zurückgehen, und um so geringer wird dieselbe, je mehr wir uns der gegenwärtigen Zeit nähern, je mannigfaltiger überhaupt die plastischen, wie die klimatischen Verhältnisse der Erdoberfläche sich gestalten. Wenn auch ein einzelnes der hier angedeuteten Momente zur Altersbestimmung irgend einer Gesteinsschicht für sich allein nicht ausreicht, so wird man doch in den meisten Fällen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der übrigen Verhältnisse im Stande sein, dem Gesteine seine Stellung in der großen Reihenfolge verschiedener Formationen anzuweisen und, gestützt auf zahlreiche Beobachtungen und Untersuchungen, die neptunischen Gesteine in ihrer Aufeinanderfolge zusammenzustellen, wie wir sie gleich unten in einer tabellarischen Uebersicht mittheilen wollen, ohne hier in eine nähere Charakteristik der einzelnen Gesteine oder Gesteinsgruppen einzugehen.

Ist die Bestimmung des relativen Alters der geschichteten und versteinerungführenden Gebilde oftmals schon mit großen Schwierigkeiten verbunden, so treten diese in noch höherem Grade hervor, wenn man versucht, die krystallinischen und

versteinerungsleeren Gesteine einer ähnlichen Untersuchung zu unterwerfen. Wir wollen hier nur ganz im Allgemeinen bemerken, daß, wo vielleicht Bruchstücke einer dem Alter nach bestimmbaren Gebirgsart in einer krystallinischen Masse mechanisch eingeschlossen vorkommen, diese natürlich jüngeren Ursprungs sein muß, als jene, und ferner, wo man bemerkt, daß das krystallinische ein anderes geschichtetes oder massiges Gestein theilweise überdeckt, gleichsam im geschmolzenen Zustande über dasselbe hingeflossen ist oder zwischen die Schichten und in die Spalten und Risse desselben eingedrungen ist, das erstere von jüngerer Bildung sein muß, als das letztere. Die meist krystallinischen Ausfüllungen der Spalten und Klüfte der älteren geschichteten oder massigen Gebirge werden, wenn dieselben mehr oder weniger senkrecht diese durchsetzen und keine zu große Breite besitzen, im Allgemeinen G ä n g e genannt, und diese bieten einen Hauptanhaltepunkt dar für die ungefähre Altersbestimmung der krystallinisch-massigen Gesteine. Die Gänge kommen sowohl in den geschichteten als in den massigen Gebirgsarten vor. Das Nebengestein hat meistens mehr oder weniger deutliche Aenderungen erlitten; wenn die Gangmasse mit dem Nebengestein verschmolzen ist, also einen allmäligen Uebergang in dasselbe bildet, so spricht man von g l e i c h z e i t i g e n Gängen, obgleich natürlich die Bildung des Ganggesteins niemals ganz gleichzeitig, sondern immer später erfolgen mußte, als die des Nebengesteins; wo aber die angeführte Erscheinung eintrifft, scheint sie zu beweisen, daß das Nebengestein bei der Bildung der Gangmasse noch nicht ganz erkaltet war und also um so leichter durch die Hitze der feurig-flüssigen Gangmasse ebenfalls in einen theilweise geschmolzenen Zustand wiederum übergehen konnte. Solche gleichzeitige Gänge kommen vorzugsweise im Granit und überhaupt in krystallinischen Gesteinen vor, während die Gänge, welche die geschichteten Gebirge durchsetzen, meist scharf getrennt sind von den Nebengesteinen und in diesem Falle u n g l e i c h z e i t i g e Gänge genannt werden. Die von unten her in die vorhandenen Spalten eindringenden Gesteinsmassen müssen zugleich als trennende und störende Kraft auf das geschichtete Nebengestein eingewirkt und hier die Regelmäßigkeit in der Lagerung der Schichten aufgehoben, Verdrückungen und Verwerfungen hervorgebracht haben. Das gangartige Vorkommen von krystallinischen Gesteinen in ihrem Alter nach fest bestimmten geschichteten Gebirgsarten und das Verhältniß derselben zu diesen bietet uns also ein Mittel dar, das relative Alter der ersteren zu bestimmen, und wir wissen hieraus z. B., daß die Periode der Bildung des Granits nicht die der Uebergangsgebilde überschreitet, während der rothe Porphyr nicht später als im Steinkohlengebirge vorkommt, der Melaphyr in einzelnen Fällen bis in die Juragruppe sich erstreckt und die Basalte und Trachyte der neueren Zeit den tertiären Bildungen angehören.

Bei der Betrachtung der verschiedenen Perioden der Entwicklungsgeschichte der Erde gelangt man, immer weiter in das Dunkel der Vorzeit zurückdringend, zuletzt zu einer Zeit, wo, wie man annimmt, die ganze Erde im feurig-flüssigen Zustande sich befand, alle Bestandtheile der erst später allmälig erstarrenden oder aus dem Wasser sich ablagernden Gesteine eine chaotische, in Folge der damals herrschenden hohen Temperatur geschmolzene Masse bildeten. Für die Wahrscheinlichkeit eines solchen ehemaligen Zustandes der Erde vor Millionen oder Billionen von Jahren lassen sich so viele Gründe aufzählen, daß in der Gegenwart kaum noch ein unbefangener und vorurtheilsfreier Geognost als Gegner dieser Ansicht auftritt. Wenn man auf dem wenig über die Meeresfläche sich erhebenden flachen Lande ein Bohr-

loch 1000 oder 2000 Fuß tief in die Erde hinein treibt, oder wenn man in den Bergwerken, wie in den englischen Steinkohlengruben, tief unter die Oberfläche des Meeres in das Innere der Erde hineindringt, so bemerkt man, je tiefer man hinabsteigt, eine Steigerung der Temperatur, das in der Tiefe sich ansammelnde Wasser wie die umgebenden Gesteine sind wärmer als nahe der Erdoberfläche, wo schon wenige Fuß unter derselben die veränderlichen Temperaturverhältnisse der atmosphärischen Luft aufhören, sich zu äußern. Diese Temperaturzunahme beträgt, nach ziemlich übereinstimmenden Beobachtungen an artesischen Brunnen, im Durchschnitt 1° des hundertheiligen Thermometers für 92 Fuß, um welche man senkrecht dem Mittelpunkte der Erde sich nähert. Berechnen wir hieraus die Entfernung des Punktes von der Erdoberfläche, wo bei einer Temperatur von etwa 1200° (dem mittleren Schmelzpunkte des Eisens) die auf der Erde vorhandenen krystallinischen Gesteine, z. B. der Granit, in einem feurig-flüssigen Zustande vorhanden sein müßten, so gelangen wir zu einer Tiefe von etwa fünf Meilen, bei welcher jene Temperatur herrscht und also nur geschmolzene Steinmassen zugegen sein können, so daß also die feste Rinde der Erde im senkrechten Durchschnitte nur $^1/_{178}$ des Erdhalbmessers betragen und mithin ihrer Masse nach nur einen sehr kleinen Theil des Erdganzen einnehmen würde. Wissen wir ferner aus genauen Beobachtungen und astronomischen Berechnungen, daß das mittlere specifische Gewicht des ganzen Erdkörpers = 5,44 gesetzt werden muß, während die verbreitetsten Gebirgsarten nur eine Dichtigkeit von etwa 2,5 besitzen, und unter Berücksichtigung der vorhandenen Wassermenge hinsichtlich des Oberflächentheils der Erde diese Zahl sogar auf 1,5 reducirt werden muß, so ergiebt sich hieraus, daß mit der Tiefe auch die Dichtigkeit bedeutend zunimmt, eine Thatsache, welche nur durch die Annahme einer ursprünglich in allen ihren Theilen beweglichen, d. h. flüssigen Masse ihre Erklärung finden zu können scheint. Gradmessungen, Pendelschwingungen und gewisse Störungen in der Mondbahn beweisen als unumstößliche Wahrheit, daß die Erde ein sphäroidischer Körper, eine an ihren Polen abgeplattete Kugel ist, eine Form, welche in jeder Hinsicht als unmittelbare Folge der Geschwindigkeit der Axendrehung eines bildsamen, d. h. flüssigen Körpers sich ergiebt. Die durch Feuer geschmolzenen Gesteinsmassen, welche durch die Vulcane, diese Pforten zur Unterwelt, an die Oberfläche gebracht werden, geben uns Rechenschaft von dem Zustande des Innern der Erde. Wenn wir die geschichteten, vom Wasser abgelagerten Gesteine durchdringen, das Alter derselben von den gegenwärtigen Bildungen an immer weiter zurück verfolgen, so gelangen wir stets zu krystallinisch-massigen Gebirgen, zu Gebilden, welche in ihrer jetzigen Gestalt uns den sicheren Beweis ihres Ursprunges liefern aus einer feurig-geschmolzenen Masse, und wie alle hier angedeuteten Thatsachen den einst die ganze Erde umfassenden feurig-flüssigen Zustand verrathen, uns zurückführen auf den Uranfang aller Dinge, auf die Urzeit der Erdgeschichte, die Bildung und Erzeugung der primären Gesteine. Mit der Erstarrung der Erdrinde durch allmälige Abkühlung sind auch sofort die im Vorhergehenden angeführten Processe der Verwitterung in Thätigkeit getreten, unter dem Einflusse der Atmosphäre und des Wassers und beschleunigt durch die damals herrschende hohe Temperatur; durch die Zersetzung jener primären Gesteine, namentlich des Granits, ist das Material geliefert worden zur Bildung ungeheurer Lager von Thonschiefern und Sandsteinen, während der Kalk in Wasser aufgelöst, durch heiße Quellen aus den unteren Regionen der Erdrinde allmälig an die Oberfläche

geführt und hier entweder durch Verflüchtigung der Kohlensäure und Verdampfung des Wassers ausgeschieden oder später noch im Wasser aufgelöst von Mollusken und anderen Wasserthieren verarbeitet, mit deren Absterben auf dem Boden der Gewässer als Kalksteinlager sich anhäufte. So ist nach und nach, indem fortwährend die älteren Gesteine zerstört wurden und neue sich bildeten, eine Reihe von Gebirgsformationen entstanden, von denen wir hier eine kurze tabellarische Uebersicht geben wollen, indem wir gleichzeitig die während jeder Periode vorzugsweise aus dem Innern der Erde hervorbrechenden krystallinischen Gesteine bezeichnen:

A. Primäre Bildungen.

1) Urzeit der Erde.	Aelterer Granit.
Urthonschiefer . . .	Gneis. Glimmerschiefer. Talkschiefer.
Urkalk.	Syenit.

B. Secundäre Bildungen.

2) Uebergangs- und Kohlengebirge.	
a) Cambrisches System (Uebergangs-Thonschiefer, untere Grauwacke) b) Silurisches System (mittlere Grauwacke) c) Devonisches System (alter rother Sandstein, Old red, obere Grauwacke)	Jüngerer Granit. Diorit, Grünstein. Dolerit, Melaphyr.
Bergkalk, Kohlenkalk oder der metallführende Kalk Steinkohlen-Ablagerung Kohlen- oder Porphyrsandstein	Rother Porphyr. Melaphyr. Serpentin.

3) Zechsteingruppe.
Rothliegendes und Weißliegendes.
Kupferschiefer oder bituminöser Mergelschiefer.
Asche und Zechstein (Schlottengips).

4) Triasgruppe.
a) Vogesen- und bunter Sandstein (Gips und Steinsalz).
b) Wellenkalk und Muschelkalkstein (Gips und Steinsalz).
c) Keupersandstein (Gips).

5) Lias- und Oolithbildungen (Juraformation).
a) Liassandstein und Liasschiefer (Liasmergel).
b) Juraformation.
α) Untere Abtheilung:
Unteroolith oder Dogger.
Großoolith oder Hauptrogenstein.
Bradfordthon.
Forstmarmor (Stonesfieldschiefer).
Cornbrash-Kalkstein.
β) Mittlere Abtheilung:
Oxfordthon.
Coralrag oder Corallenkalk (oberer Jurakalk, oberer Alpenkalk, zum Theil auch der Apenninenkalk [Juradolomit]).

γ) Obere Abtheilung:
Weymouthkalk oder Astartenkalk.
Kimmeridgethon.
Portlandstein.
Die ganze Abtheilung wird im südlichen Deutschland repräsentirt durch den Solenhofer Kalk oder den lithographischen Stein.

δ) Purbekkalkstein und Aschburnhamschichten.
Hastingssandstein.
Wälderthon.

6) Grünsand- und Kreideablagerungen.
a) Grünsand oder chloritische Kreide:
Unterer Grünsand (z. Th. Karpathen-, Quadersandstein, Schanklinsand).
Gault (Pläner Kalk).
Obergrünsand.
b) Kreidemergel und weiße Kreide mit Feuersteinen.
c) Mastricht-Kalk und Faröekalk.

7) Tertiäre und Quaternärgebilde.

a) Aeltere Tertiärformation (ältere Grobkalkformation, eocene Bildungen, Becken von Paris und London) b) Mittlere Tertiärformation (Tegelformation, miocene Bildungen, subalpinische Bildungen; Molassebildungen [Nagelfluh], Moellon-Kalk, Braunkohlenformation).	Trachyt. Phonolith. Basalt.

c) Obere Tertiärformation (Subapenninen-Formation, Diluvial-Bildungen, pliocene Bildungen; Knochenbreccien, Knochenhöhlen und der Löß). Gruppe der Geschiebe.
d) Alluvial- und Quaternär-Bildungen.

8) Gruppe der gegenwärtigen Bildungen. (Marschbildungen, Sanddünen, Quellenabsätze, Hebungen der historischen Zeit 2c.)	Brennende Vulcane mit porösen Laven und Obsidian.

D. Hebung der Gebirgsketten. Erhebungssysteme der Berge.

Die Lagerungsverhältnisse der vom Wasser abgesetzten Gesteine zeigen sich dem Auge des Beobachters gar mannigfach und verschiedenartig; die ursprügliche horizontale Lage der Schichten ist durch spätere Einwirkung plutonischer Kräfte gestört, die Schichten sind mehr oder weniger steil aufgerichtet oder gesenkt, sie sind zuweilen gefaltet, verworfen, auseinander gerissen und sogar überstürzt, so daß die älteren Ablagerungen die oberen, die jüngeren die unteren sind. Die Verhältnisse sind in der Ebene sowohl als an den Durchschnitten, welche die Hügel und Berge gewähren, bemerkbar, an den letzteren jedoch besonders in die Augen fallend, indem hier die höheren Schichten auch in der Regel am steilsten aufrecht stehen, während die Neigung an den Abhängen hin, am Fuße des Gebirges allmälig immer unbedeutender wird und endlich in der Ebene dieselben Schichten,

welche dort aufrecht standen, in der ursprünglichen Lage mehr oder weniger erhalten, horizontal auslaufen. Auf jene geneigten Ablagerungen sind an dem Abhange und namentlich nahe dem Fuße der Gebirge andere Wassergebilde abweichend und oft horizontal abgelagert, zum Beweise, daß diese letzteren nicht von der hebenden Kraft, welche die ersteren aus ihrer ursprünglichen Stellung herausgerückt hat, getroffen worden sind und also zu einer Zeit abgesetzt wurden, welche dem angeführten Hebungsphänomene erst nachfolgte. Die Betrachtung dieser verschiedenen Lagerungsverhältnisse leitet ganz natürlich zu dem Versuche, die Entstehung der Gebirgsketten in ihrer jetzigen plastischen Gestaltung ihrem relativen Alter nach zu bestimmen, die Periode der Erdgeschichte festzustellen, während welcher ein Gebirge emporstieg aus der Ebene des flachen Landes oder aus der Tiefe des Meeresgrundes. Die neptunischen Gesteine gleichen geologischen Alters sind in dem einen Gebirge steil und hoch aufgerichtet, während sie an dem Fuße des andern ruhig und ungestört in ihrer ursprünglichen horizontalen Lagerung verblieben; das letztere Bergsystem muß also schon in seiner jetzigen Form gebildet worden sein, ehe jene Ablagerungen stattfanden, es muß die Hebung desselben einer älteren Periode der Erdgeschichte angehören, als die Bildung jener Gesteine. Oftmals durchkreuzen sich in einem und demselben Gebirge verschiedene Hebungssysteme, die Schichtungsverhästnisse werden dann unklar und so schwierig zu entziffern, daß jahrelange und sorgfältige Beobachtung derselben nöthig ist, um mit einiger Sicherheit das relative Alter dieses Gebirges aufzufinden. Schon vor langer Zeit, im Jahre 1667, wurde von Steno in Italien die Vermuthung ausgesprochen, daß die Berge durch Hebungen aus dem Erdinnern emporgestiegen wären, aber erst der neuesten Zeit war es vorbehalten, nachdem Alex. v. Humboldt, Leop. v. Buch, Boué, Conybeare, Studer u. A. bereits erkannt hatten, daß die Hebungen zu verschiedenen Zeiten erfolgt sein müßten, diese Zeiten selbst festzustellen und die Gesetze zu erforschen, nach welchen die Hebungen stattgefunden zu haben scheinen. Elie de Beaumont *) verdanken wir die wichtigsten Aufklärungen über diese Verhältnisse und die allgemeinere Beleuchtung der Thatsache, daß die Hebungen mit den Abtheilungen der Schichten durch ungleichförmige Lagerung zusammenfallen. Aus vielfachen Beobachtungen, welche einen großen Theil Europa's umfassen, zog derselbe Forscher den Schluß, daß gleichzeitig gehobene Gebirgsketten eine parallele Richtung haben, ein Gesetz, dessen Gültigkeit sich, mit wenigen Ausnahmen, soweit die bisherigen Beobachtungen reichen, auf der ganzen Erdoberfläche bestätigt findet und in einer Ursache begründet zu sein scheint, ähnlich derjenigen, welche in unendlich kleinerem Maßstabe noch jetzt bei Erdbeben das nicht seltene Entstehen paralleler Spalten bewirkt, Hebungen kleiner paralleler Hügelketten, oder, wie auf Lancerote, das aufeinander folgende Hervordringen flüssiger Lavamasse aus sich öffnenden und wiederum schließenden, unter sich parallelen Gesteinsklüften, in Beziehung stehend zu der allmälig in einer bestimmten Richtung fortschreitenden Bewegung des vulcanischen Feuers selbst. Elie de Beaumont stellte zuerst 4 große Hebungssysteme, sodann 6 und endlich 12 auf, welche

*) Ueber das relative Alter der Gebirgszüge, von Elie de Beaumont, Annales des sciences naturelles, T. XVIII. p. 5 u. 284; u. tom. XIX. p. 5 u. 177. Ferner in Pogg. Ann. der Phys. und Chem. Bd. XVIII. S. 19 und ebendas. S. 25. — Vgl. auch: De la Beche, Handbuch der Geognosie, bearbeitet von H. v. Dechen, S. 38—53.

zugleich ebenso viele Revolutionen der Erdrinde bezeichnen und deren Zahl bei genauerer Erforschung aller Verhältnisse sich wahrscheinlich noch vergrößern wird. Die Reihenfolge dieser Systeme, von den älteren zu den neueren fortgehend, ist die folgende:

1) Erhebungen vor der Absetzung der Steinkohlengebilde. — System des Hundsrücks und von Westmoreland. Die Thonschieferschichten in dem Seegebirge von Westmoreland streichen von Nordost $^1/_4$ Ost gegen Südwest $^1/_4$ West und werden abweichend überlagert von dem Kohlenkalkstein und dem Old red der Engländer; sie sind also vor der Bildung des letztern in ihre beinahe senkrechte Stellung gebracht worden; nach Elie de Beaumont ist diese älteste Hebung selbst noch vor der Bildung des Uebergangskalksteins geschehen. Der angeführten Richtung parallel und von denselben Gesteinen überlagert erstreckt sich das Südschottische Grauwackengebirge von Mull of Galloway nach St. Abbshead; ebenso die Gebirge auf den Inseln Man und Anglesea, wie die Schiefergebirge von Nord-Wales und Cornwall. Dieselbe Richtung von Südwest gegen Nordost ist in dem Hundsrück in seiner Erstreckung von Metloch an der Saar bis nach Bingen am Rhein, bei einem sehr steilen Fallen am südlichen Abhange ausgedrückt, und hier ebenfalls an manchen Orten das Kohlengebirge abweichend den Thonschieferschichten aufgelagert. Die Hebung des Kohlengebirges selbst in derselben Richtung gehört einer späteren Periode der Erdgeschichte an und beweist, daß, wenn auch gleichzeitige Gebirgshebungen parallel sind, doch keineswegs umgekehrt parallel streichende Gebirgszüge immer von gleichem Alter sind. Zu diesen älteren Hebungen gehören ferner noch die Thonschiefer in dem nördlichen und mittleren Theile der Vogesen und dieselbe Richtung bemerkt man auch ausgedrückt in dem ganzen östlichen Theile des rheinischen Grauwackengebirges, in der Eifel, der hohen Veen, an der Lahn, im südlichen Theile des Thüringer Waldes, im Fichtelgebirge und Vogtlande und in dem mittleren Theile von Böhmen, in der Nähe von Prag.

Erhebungen vor der Absetzung der jüngsten Uebergangsschichten. — System der Belchen (Vogesen) und der Bocage (Calvados). Diese Hebungen scheinen die alleräItesten zu sein, denn die in Podolien, in der Umgebung von Petersburg und namentlich in Schweden weitverbreiteten Kalksteine mit Orthoceratiten und Trilobiten sind nur wenig von der horizontalen Schichtenlage abgewichen und scheinen erst abgesetzt zu sein, als die älteren, in Schweden z. B. die Gneisgebirge, schon ihre jetzige plastische Gestaltung erhalten hatten. Hierher gehört auch das Schiefergebirge von Wales, die Hügel der Bocage, der südöstliche Theil der Vogesen oder die Belchen vom Elsaß und Comté, wo allenthalben die jüngsten Uebergangsschichten abweichend auf den älteren auflagern. Die Richtung dieser Bergsysteme ist wenig abweichend von der von Ost gegen West, bis 15° gegen Süd und Nord. Ein ganz ähnliches Verhalten zeigt das Schiefergebirge von Süd-Irland, die Grauwacke von Devonshire und Sommersetshire. Auch die Schiefer- und Grauwackenschichten des Harzes sind offenbar vor der Bildung des Kohlengebirges gehoben worden, denn das letztere liegt bei Ilefeld und Oppenrode abweichend auf den ersteren; dennoch scheint aber die Richtung der Schichten keineswegs allgemein von Ost nach West in diesem Gebirge zu sein, an mehreren Punkten ist das Streichen gegen Nordost, wie das erste System; die

Richtung des Gebirgszuges weicht aber gänzlich davon ab und ist sehr bestimmt von Ostsüdost gegen Westnordwest.

3) Erhebungen unmittelbar vor Absetzung des Todtliegenden. — System von Nordengland. Das Kohlengebirge Nordenglands von dem Trentflusse in Derbyshire an bis zur schottischen Grenze ist in der Richtung von Süd nach Nord (etwas nach Nordnordwest abweichend) gehoben; an mehreren Punkten bemerkt man die abweichende Auflagerung des Rothliegenden. Die kleine Kette der Malvern an der östlichen Grenze des Walesergebirges gehört demselben Systeme an und ein großer Theil der Gänge von Cornwall, unter dem Namen von Croß Courses, beweisen durch ungleiches Streichen von Süd nach Nord ihre Entstehung während dieser Periode, wie auch die Störungen an der westlichen Küste des Departements La Manche von demselben Alter sein mögen. Dieses ganze System ist nicht, wie die beiden vorhergehenden, durch eine steile Aufrichtung der Schichten charakterisirt, sondern mehr durch Sattellinien, Mulden und ganz besonders durch bedeutende Verwerfungen.

4) Erhebungen, älter als der bunte Sandstein. — System der Niederlande und von Süd-Wales. Dieses System hat zuerst eine mit dem zuerst angeführten des Hundsrück und Taunus parallele Richtung in dem Kohlengebirge von Namur an der Maas an gegen Nordost bis Eschweiler und auf dem rechten Rheinufer von Mülheim an der Ruhr bis Unna. Westlich der Maas ändert sich diese südwestliche Richtung über West gegen Nord um, bezeichnet durch die Porphyre von Quenast und Lessines, welche Richtung ebenfalls in der gleichzeitigen Hebung des großen Kohlengebirges von Süd-Wales bis nach St. Brides Bay deutlich ausgedrückt ist. Dieses System bietet also ein auffallendes Beispiel dar von einer gleichzeitigen Hebung nach zwei verschiedenen (wenigstens um einen Winkel von 40° bis 50° von einander abweichenden) Richtungen, wobei ein Theil der neueren Hebung einem älteren gefolgt ist. Den Zechstein findet man an vielen Orten abweichend aufgelagert, wodurch die Zeit dieser Hebung wenigstens vor der Ablagerung dieser Formation festgestellt ist; von der unmittelbaren Auflagerung des Rothliegenden kennt man nur undeutliche Beispiele, weswegen man hinsichtlich des letzteren noch in Ungewißheit bleibt. Das Kohlengebirge von Lüttich, Mons, Anzin ist durch seine senkrechte Schichtenstellung und selbst durch meilenweit zu verfolgende förmliche Ueberstürzungen, welche durch diese Hebung veranlaßt wurden, schon längst bekannt.

5) Erhebungen vor der Absetzung des bunten Sandsteins, des Muschelkalks und des Keupers im Elsaß. — System des Rheines; von Basel bis Mainz in den Vogesen und dem Schwarzwald bemerkt man an den steilen Abhängen gegen den Rhein hin viele Verwerfungen, welche dieser Periode angehören; die aufgerichteten Schichten streichen in der Richtung zwischen der von Süd gegen Nord und der zwischen Südost und Nordwest, der letzteren mehr angenähert. Der Einsturz des Rheinthals gehört der Zeit zwischen der Bildung des Vogesensandsteins und des bunten Sandsteins an. Derselben Richtung entspricht die Sattellinie, welche sich im bunten Sandstein in den Wesergegenden von Cassel bis Bodenwerder erstreckt.

6) Erhebungen zwischen der Absetzung des bunten Sandsteins, des Muschelkalkes und des Keupers und der Absetzung der Juraformation. — System des

Böhmer- und thüringer Waldes. In Frankreich spricht diese Hebung sich aus an der südwestlichen Küste der Bretagne, in der Vendee und in den Granit- und Porphyrgebirgen des Morvan bei Avallon, wo allenthalben am Fuße der Abhänge der Lias fast horizontal und abweichend gelagert sich vorfindet, während der Keupersandstein, wo er vorkommt, noch von der Hebung getroffen worden ist. Die Richtung dieses Systems von Nordwest gegen Südost ist sehr abweichend von allen vorhergehenden. Alle Ketten zwischen dem thüringer Walde und dem Harze haben dieselbe Richtung, jedoch läßt sich hier nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob die Hebung jüngere Gebirge, als den Muschelkalk umfaßt.

Die drei zuletzt angeführten Systeme sind für Deutschland besonders wichtig: das Niederländische für den nordwestlichen, das Rheinische für den südwestlichen und das 6. für den östlichen Theil *).

7) Erhebungen zwischen der Absetzung der Juraformation und der Absetzung der Kreide und der Grönsande. — System des Erzgebirges, der Côte d'Or und des Pilatusberges. Es umfaßt die angeführten Berge im südlichen Frankreich und erstreckt sich in der Richtung von Südwest gegen Nordost durch die Cevennen und einen Theil des Jura bis an den Rhein, um nach einer beträchtlichen Unterbrechung im Erzgebirge wieder aufzutreten. Die Richtung weicht wenig und oft gar nicht von der des ersten Systemes ab. Wo Kreide oder Grönsande an dem Fuße dieser Hebungen auftreten, liegen sie ganz horizontal oder sind

---

*) Leop. v. Buch: Ueber den Dolimit, 2. Abhandlung, gelesen in der Acad. der Wissensch. zu Berlin, den 6. Febr. 1823; und: Geognost. Briefe über d. südl. Tyrol 1824, S. 265. — L. v. Buch theilt schon vor Elie de Beaumont Deutschland in 4 besondere deutlich von einander geschiedene Systeme:

I. Im nordöstlichen Theil ist die Richtung aller Gebirgsketten und sämmtlicher einzelner, etwas bedeutender Berge von NW. nach SO. Helgoland, die Gipsberge von Lüneburg und Segeberg ordnen sich diesem Systeme ein. Die Sandsteinkette des teutoburger Waldes beendet dasselbe im Westen; Flüsse und Haupt-Niederungen zeigen diese Richtung der Bergketten bis tief in die polnischen Flächen; das Juragebirge von Krakau bis Wilna folgt dem nämlichen Gesetze, so auch die Bergreihen, welche Dresden umgeben. Man trifft dieses Richtungsgesetz in der griechischen Kette wieder und an der albanischen und dalmatischen Küste. Es dürfte eines der ausgebreitetesten der Erdfläche sein, denn es scheint sogar die Richtung der mächtigen Alpenkette zu überwinden, welche in den Bergen von Krain zu ihm übergeht.

II. Bis dahin zog die Alpenkette, soweit sie Deutschland berührt, von SW. gegen NO., und offenbar gehört auch noch die, in dieser Richtung sich fortziehende, hohe Fläche von Schwaben und Baiern bis an die Donau-Ufer, zu eben diesem Systeme. Was die Alpen erhob, hat wahrscheinlich auch diese Fläche emporgetrieben. Der weiße schroffe Damm des Jura begrenzt mit großer Bestimmtheit das Alpensystem gegen NW.

III. Der Schwarzwald, Odenwald, Spessart und gegenüber die Wasgau-Gebirge, bilden neue Reihen von S. nach N., deren Wirkung sich wieder bis an den Jura in Franken ausdehnt, nordwärts bis zum Main, westlich bis zur Fortsetzung des Jura durch Lothringen.

VI. Die Grauwacken- und Schiefergebirge der Ardennen, vom Hundsrück und der Eifel, des Westerwaldes, sodann die Sandsteinketten des teutoburger Waldes umschließen ein 4. System, welches sich über den westlichen Theil von Westphalen, die Niederlande und Holland verbreitet, in dem der Augitporphyr nicht selten durch Spalten gewirkt zu haben scheint, denn einzelne scharfe Ketten verschwinden, und kein rothes Todtliegendes läßt sich hier in der Nähe des Feldstein-Porphyrs vermuthen. Auch werden ältere Kalksteinbildungen nicht sichtbar, und nur die obersten und neuesten sind unmittelbar auf den Steinkohlen der Beobachtung dargelegt.

ganz unabhängig von diesem Systeme in ihrer Lage gestört. Die Hebung war plötzlich und von kurzer Dauer, denn alle Schichten der Juraformation sind zerrissen, verworfen und gewunden, aber ausgezeichnet ist überall der Parallelismus der einzelnen Ketten, die durch anhaltende Längenthäler getrennt sind. Diese heftige Aeußerung der plutonischen Kräfte brachte die große Veränderung in der organischen Welt hervor, welche wir mit dem Anfang der Kreidegruppe eintreten sehen. Im Erzgebirge, wo die Jurabildungen gänzlich fehlen, ist es schwierig, die Zeit dieser Hebung festzustellen und es sind sogar Andeutungen vorhanden, daß dieses Gebirge dem viel älteren in gleicher Richtung streichenden Systeme des Hundsrück angehören muß.

8) Erhebungen zwischen der Absetzung der Waldgebilde, der Grönsande und der älteren Kreide und der Absetzung der jüngeren Kreide. — System des Berges Viso. Die französischen Alpen und das südwestliche Ende des Jura zeigen von Antibes und Nizza bis Lons le Saulnier eine Reihe von Ketten und Störungen in der Richtung von Süd-Süd-Ost gegen Nord-Nord-West, in welcher die unteren Schichten der Kreide mitgehoben sind, während an einigen Punkten an dem Fuße dieser Hebungen die oberen Kreidebildungen in horizontaler ungestörter Lage sich hinziehen.

9) Erhebungen vor der Absetzung der Tertiärgebilde. — System der Pyrenäen und Apenninen. Diesem Systeme, dessen Richtung von West-Nord-West gegen Ost-Süd-Ost eine der in Europa am weitesten verbreiteten ist, gehört das ganze Gebirge der Pyrenäen an, die nördliche und einige andere Ketten der Apenninen, die Kalksteinzüge auf der Nordostseite des adriatischen Meeres, die von Morea, die südöstlichen Alpen von Laibach, Villach und Klagenfurth an, ein großer Theil der Carpathen, die Höhenzüge, welche sich am Nordabhange des Harzes vorbei durch Norddeutschland verbreiten. In diesen Gebirgen sind die Gebilde der Kreide und des Grönsandes, welche hier allenthalben auftreten, gehoben und oft bis auf den höchsten Gipfel der Berge, während die Tertiärformationen ihre ursprüngliche Lage beibehalten oder unabhängig von diesem Systeme gehoben worden sind. Ein Theil der norddeutschen Hügelketten (wie die Teufelsmauer mit ihren steil gehobenen Sandsteinschichten am Nordrande des Harzes und der Theil des teutoburger Waldes von Horn bis Halle) schließt sich in seiner Richtung an die des 6. Systemes von Süd-Ost gegen Nord-West an; er fällt fast unmittelbar in die Verlängerung des thüringer Waldes und gehört also seiner Richtung nach zu einem andern Systeme, als nach der Zeit seiner Hebung. Die Hebungslinie dieses Systems steht mit der Verbreitung der Kreidebildungen auf der Oberfläche Europa's in genauem Zusammenhange. Eine Linie aus der Umgegend von London nach dem Ausflusse der Donau gezogen, fällt mit dieser Richtung zusammen und bezeichnet ungefähr die südliche Grenze der großen nordeuropäischen Niederung der alten Küste des Meeres, worin jene Bildungen sich absetzten. — Auch in anderen Welttheilen ist dieselbe Richtung in dem Streichen vieler Gebirgszüge vertreten, z. B. in den kleinen Gebirgsketten nördlich der großen Wüste Sahara und in den Bergen eines Theils der nordafricanischen Küste. Die Kette des Karmel in Syrien, ein Theil des Sinaisystemes und mehrere im rothen Meere endigende Ketten Ostägyptens entfernen sich wenig von der verlängerten Richtung, die in Morea gewöhnlich ist. In Mesopotamien, am persischen Meerbusen, in den Ketten der Gates an der Küste von Malabar, in den Alleghanys von Nordamerica,

von den Ufern des Mississippi bis zum bengalischen Meerbusen, besitzt die Erdrinde eine Reihe von Unebenheiten, deren Parallelismus eine gleichzeitige Entstehung anzuzeigen scheint.

10) Erhebungen während der Absetzung der Tertiärgebilde. — System von Corsica und Sardinien. Die Richtung desselben ist wesentlich von Süd gegen Nord; sie zeigt sich in den Hügelketten, welche die oberen Thäler des Allier und der Loire und das Rhonethal unterhalb Lyon begrenzen; sie ist ebenfalls ausgedrückt in mehreren kleineren Ketten der Apenninen, und in Deutschland in dem basaltischen Habichtswalde, welche Hebung jünger ist als die angrenzenden Braunkohlengebirge. Die vulkanischen Massen der Auvergne gehören in dieses System und wahrscheinlich auch die Hebung des Libanons, des Urals, ein Theil der Küste von Morea und Syrien und vielleicht auch einige Ketten des innern Africa's, welche Nubien, Abyssinien und Congo durchziehend, im Cap der guten Hoffnung endigen.

11) Erhebungen nach der Absetzung der jüngsten Tertiärgebilde (Muschelmolasse). — System der westlichen Alpen. In den westlichen Alpen finden sich zwei Richtungen in den Ketten und Längenthälern bezeichnet, deren mittlere von Nord-Nord-Ost gegen Süd-Süd-West streicht; an den äußersten Enden und Grenzen sind die neuesten Bildungen der Tertiärperiode oft zu einer bedeutenden Höhe gehoben, wie die Muschelmolasse am Superga bei Turin und am westlichen Fuße der Grande Chartreuse bei Grenoble. Der Bau der Alpen ist sehr verwickelt, da hier mehrere Systeme sich berühren und kreuzen; in dem östlichen Theile der Alpen haben einzelne Ketten die Richtung des Pyrenäen- und Apenninensystems, in den französischen Alpen zeigen sich die Wirkungen des Systems von Viso. Am verwickeltsten ist aber der Bau der Alpen in den Umgebungen des Montblanc, der gleich einem mächtigen Kegel aus einem weiten Erhebungskrater aufsteigt, wo sich zwei neuere Hebungssysteme unter einem Winkel von 45° bis 50° durchkreuzen. In gleicher Richtung mit diesem Systeme erheben sich die skandinavischen Alpen, die Gebirge Nordwestafrica's und die Küstencordilleren Brasiliens.

12) Erhebungen während der Absetzung des Diluviums. — System der Hauptkette der Alpen von Wallis bis nach Oesterreich. Die Zeit dieser Hebung scheint zwischen die Bildung zweier sehr verschiedener Geschiebeformationen zu fallen, welche in den Thälern der Isère, Rhone, Saone, und Durance auftreten, und von denen die eine in großen Landseen mag erfolgt sein, die andere aber als das Resultat heftiger vorübergehender Ströme oder der weiter als jetzt sich ausdehnenden Gletscher angesehen werden kann. Die Richtung der Hauptalpenkette, zwischen der Richtung Ost gegen West und Ost-Nord-Ost gegen West-Süd-West liegend, pflanzt sich in westlicher Richtung noch weit nach Frankreich, von unmittelbarem Einflusse auf die Gestaltung der Oberfläche fort; sie ist ausgedrückt in den Ketten von St. Baume, Leberon, Ventour. Dieselbe Richtung findet man wieder in der Kette der Balearen, der Sierra Morena, einem großen Theile der Gebirgszüge Spaniens, weiter gegen Osten in dem Atlas, auf der Insel Candia, in den Gebirgen Kleinasiens, in der Centralkette des Caucasus, in dem Parapamisus und endlich in dem höchsten aller Gebirge, dem Himalaya. Die Andeskette, wo noch thätige Vulkane bis in die Schneeregion hinaufsteigen, ist vielleicht in noch späterer Zeit zu ihrer jetzigen Höhe emporgehoben worden.

C. W.

Bernstein, Agtstein, Amber, Kanabé, Succinum, Electrum, Ambra flava, ist ein schon im höchsten Alterthum bekanntes, amorphes fossiles Harz, hart, spröde, mit muschligem Bruche, wachsglänzend, gewöhnlich gelb oder gelbbraun gefärbt, auch milchweiß und farblos, halbdurchsichtig, durchscheinend oder undurchsichtig, bei gewöhnlicher Temperatur geschmacklos und geruchlos, von 1,065 bis 1,10 specif. Gewicht, wird durch Reiben mit Wollenzeug negativ elektrisch, und verbreitet bei der Erwärmung einen angenehmen aromatischen Geruch. Der Bernstein besteht nach Ure aus 70,68 Kohlenstoff, 11,62 Wasserstoff und 17,77 Sauerstoff, erweicht bei 112° bis 115° und fängt bei dieser Temperatur an sich zu bräunen und sich zu zersetzen; bei 280° bis 290° ist er vollkommen flüssig, bläht sich auf, und giebt bei der trocknen Destillation Bernsteinsäure (eine blätterig oder prismatisch krystallinische, farblose, sauer und etwas erwärmend schmeckende, ohne Rückstand flüchtige Masse von 1,55 spec. Gew.), Bernsteinöl (blaßgelb, dünnflüssig, von durchdringendem unangenehmen Geruch und scharfem brenzlich ätherischen Geschmack: wahrscheinlich stark kreosothaltig, mit Salpetersäure ein orangefarbenes Harz, den künstlichen Bisam bildend) und hinterläßt ein dunkelbraunes, im Bruch flachmuschliges, fettglänzendes und geruchloses Harz, das Bernsteinharz oder Bernsteinkolophonium, welches noch weiter erhitzt, sich auch theilweise zersetzt und im Destillate außer anhängendem Brandöl, gelbe glimmerartige Blättchen bildet, die weder in Wasser noch in Alkohol, sehr wenig in Aether löslich sind (Vogel's Bernsteincamphor). Der Bernstein ist in Wasser unlöslich; mit Alkohol behandelt, färbt sich dieser gelb, indem er etwas Bernsteinsäure und zwei in Alkohol und Aether auflösliche Harze auszieht, von denen das eine in Weingeist von 88 % Tr. kalt auflöslich, das andere nur in der Wärme auflöslich ist und beim Erkalten als ein weißes lockeres Pulver sich wieder ausscheidet; beide Harze sind in Alkalien auflöslich. Der Rückstand von der Behandlung mit Alkohol besteht zum größten Theile aus einem eigenen bituminösen Stoff, dem Succin, welches weder in Alkohol und Aether, noch in fetten und ätherischen Oelen, oder ätzenden Alkalien auflöslich ist, bei der trocknen Destillation sich fast ganz in brenzliches Oel verwandelt und beim Erhitzen ein braunes, durchsichtiges Harz, die Hauptmasse im Bernsteinkolophonium hinterläßt. Concentrirte Schwefelsäure löst Bernstein mit brauner Farbe auf, mit fetten Oelen in der Wärme digerirt, wird derselbe weich und biegsam, und im papinianschen Topfe erhitzt löst er sich in fetten Oelen zu einer bräunlichgelben, dicken Flüssigkeit auf, langsamer bei der Erhitzung in offenen Gefäßen und noch langsamer bei der bloßen Digestion. Der Bernstein wird, außer der Bearbeitung zu Luxusgegenständen, verwendet als Räuchermittel, zur Darstellung der Bernsteinsäure und zur Bereitung von Lackfirniß. Den Bernsteinfirniß erhält man auf diese Weise, daß man den Bernstein bei möglichst geringer Hitze schmilzt, dann die geschmolzene Masse ausgießt, erkalten läßt, in Terpentinöl durch Wärme auflöst und in der Regel mit klarem Leinölfirniß versetzt; der Bernsteinfirniß giebt einen etwas weniger glänzenden Ueberzug als der Copallack, ist aber weit dauerhafter, als dieser. — Der Bernstein findet sich gewöhnlich an den Meeresküsten, wo er entweder bei heftigen Stürmen an das Land geworfen wird (Seebernstein), meistens in Seetang eingewickelt (Bernsteinkraut), oder in dem aufgeschwemmten Lande an der Küste selbst oder entfernt von derselben gegraben wird; der letztere, oder Landbernstein hat stets eine trübe Kruste, ist aber im Innern reiner und

kommt in größeren Stücken vor als der erstere. Am meisten Bernstein wird an den preußischen Ostseeküsten gewonnen, wo die Menge desselben seit dem Jahre 1535 in jedem Jahre sich fast gleich geblieben ist; außerdem findet man ihn ebenfalls in größerer oder geringerer Menge in Curland, Livland, Esthland, Polen, Brandenburg, Pommern, Holstein, Dänemark, Niedersachsen, Schlesien, Würtemberg, in der Schweiz, in Sicilien, Frankreich, England, Schottland, Sibirien, Grönland, China, Nordamerica. In allen diesen Ländern kommt der Bernstein als ein Begleiter der Braunkohlenablagerungen auf seiner ursprünglichen Lagerstätte vor, oder aus denselben ausgewaschen, durch Fluthen fortgeführt und nebst Thon- und Sandmassen wiederum abgesetzt. Doch ist der Bernstein kein ausschließend tertiäres Product, als welches er von vielen Geologen bezeichnet wird; er findet sich ebenfalls, wiewohl selten, in den Ligniten des eisenschüssigen Sandes der Kreideformation, oder in deren Sande unmittelbar, in New Jersey und Delaware, sowie im Grönsand des nördlichen und südwestlichen Frankreichs und Mährens, — im Schieferthon mit halbverkohlten Pflanzenresten in der neuen Welt unfern Basel, welcher dem Keuper-Sandstein angehört, und sogar in einem unter Uebergangs-Kalk gelegenen Sandstein der russisch-baltischen Provinzen wird das Vorkommen von Bernstein behauptet. — Der Bernstein scheint ursprünglich als ein flüssiger Balsam gewissen vorweltlichen Bäumen entquollen zu sein und bei seinem allmäligen Erstarren an der Luft verschiedene organische und unorganische Substanzen eingeschlossen zu haben, welche oft vollkommen erhalten bis auf die jetzige Zeit in demselben aufbewahrt worden sind, wie Insecten verschiedener Gattungen, Wurzelfasern, Blätter, Samen, Schwefelkies, Luftblasen 2c. Es ist schwierig die Baumgattungen genau zu bestimmen, von welchen der Bernstein herrührt, jedoch scheint es nach den Untersuchungen Göppert's gewiß zu sein, daß Koniferen zu seiner Entstehung Veranlassung gegeben haben, und zwar mehrere Arten und Geschlechter dieser Pflanzenfamilie, indem durch spätere Einwirkungen und Umwandlungen vielleicht die ursprünglichen Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung theilweise ausgeglichen worden sind. Man hat Bernsteinmasse gefunden in den Ueberresten von Bäumen, welche theils mit den Lärchen übereinstimmen, theils zu Abies oder zu der Gattung Pinus im engeren Sinne gehören. Es ist wahrscheinlich, daß auch noch andere Holzarten erstarrte Säfte geliefert haben, die bis jetzt unter dem Namen des Bernsteins mitbegriffen worden sind. Endlich ist es bis jetzt nicht möglich, den Einfluß verschiedener geologischer Kräfte theils auf die verschiedenartige Modification gleichartiger fossiler Pflanzensäfte, theils auf die gleichartige Umwandlung verschiedener solcher Säfte genug zu würdigen, so daß unter Anderen keineswegs ausgemacht ist, ob der von Göppert in Nadel-Hölzern und ihren Zapfen beobachtete Bernstein in seiner quantitativen Zusammensetzung von dem der jetzigen Koniferen (deren Saft übrigens schon bei jeder einzelnen Art, je nach seinem Trockenheits-Grade, Jahreszeit 2c. selbst sehr veränderlich ist) ebenso sehr, als der oben erwähnte abweichen würde *).

E. W.

Beschleunigung, s. Bewegung.
Bestandtheile, chemische, s. Elemente.
Beugung des Lichtes, s. Inflection.

---

*) Vergl. Bronn's Lethaea geognostica, Bd. II. S. 852 ff.

Bewaffnung, s. Armatur.

Bewegung (lat. Motus, franz. Mouvement, engl. Motion), als die Veränderung des von einem Körper eingenommenen Ortes (Raumes), ist der Ruhe entgegengesetzt. Die Lehre von der Bewegung ist die Mechanik, welche einen Haupttheil der Physik und der angewandten Mathematik ausmacht.

Zunächst ist zu unterscheiden zwischen scheinbarer und wirklicher Ruhe, zwischen scheinbarer und wirklicher Bewegung. Jeder scheinbaren Bewegung muß eine wahre zum Grunde liegen, welche letztere entweder dem Beobachtungsorte oder dem scheinbar bewegten Körper oder auch beiden angehören kann. Wenn wir z. B. in einem Wagen schnell fahren, so befinden wir uns in scheinbarer Ruhe, und die Gegenstände, an denen wir vorüberfahren, in scheinbarer Bewegung, denn wenn wir nicht wüßten, daß es sich in der That anders verhielte, so würden wir meinen, daß, während wir in Ruhe wären, die Bäume und Häuser an der Landstraße sich an den Fenstern des Wagens vorbeibewegten. Wir wissen jedoch, daß wir uns in wirklicher Bewegung, die Gegenstände außerhalb des Wagens aber in wirklicher Ruhe sich befinden. So auch befinden wir und die Erde uns in scheinbarer Ruhe, die Firsterne aber in scheinbarer Bewegung um die Erde; Jahrtausende lang hat man diesen Schein für Wirklichkeit gehalten, jetzt aber wissen wir, daß wir und die Erde uns in wirklicher Bewegung, die Firsterne in wirklicher Ruhe befinden. Lichtenberg pflegte zu sagen: man wisse nicht, ob eine Festung oder die nach ihr geschossene Kanonenkugel sich bewege. Denkt man sich eine Kanone genau in östlicher Richtung von einer Festung aufgestellt, und die Kugel aus ihr herausgeschossen, so kann man in der That sagen, daß die Erde sich sammt der Festung von Westen nach Osten bewege, die Kugel still stehe und die Festung ihr entgegen gelaufen komme.

Man unterscheidet ferner zwischen relativer und absoluter Ruhe, zwischen relativer und absoluter Bewegung. Bezieht man nämlich die Veränderung des Ortes eines Körpers auf den ruhenden Raum, so ist von absoluter Bewegung dieses Körpers die Rede; bezieht man aber die Veränderung des Ortes eines Körpers auf den Ort eines andern Körpers, so ist von relativer Bewegung des erstern Körpers die Rede. Ganz auf dieselbe Weise unterscheidet man die relative Ruhe von der absoluten. Wir wollen diese wichtigen Begriffe noch auf eine andere Art zu erklären und deutlich zu machen suchen. Es kann sich ein Körper in Bezug auf einen andern Körper bewegen, während er in Bezug auf einen dritten Körper ruht; dies nennt man relative Bewegung und relative Ruhe.

Ein Mann, der auf einem am Ufer hinfahrenden Schiffe mit derselben Geschwindigkeit, mit welcher das Schiff sich vorwärts bewegt, vom Vordertheile desselben nach dem Hintertheile geht, befindet sich in Bezug auf die Gegenstände des Schiffes in Bewegung, in Bezug aber auf die Gegenstände am Lande in Ruhe. Und wenn es möglich wäre, daß Jemand in vierundzwanzig Stunden um die Erde herum ritte (wie in Bürger's Kaiser und Abt verlangt wird), so würde derselbe gegen die Erde allerdings in Bewegung, gegen die Sonne aber in Ruhe sein.

Von einem Körper, welcher sich in Bezug auf keinen andern Körper bewegte, würden wir sagen, daß er sich in absoluter Ruhe befände; es giebt aber in der That keinen in absoluter Ruhe befindlichen Körper. Wenn endlich, was nicht

unerwähnt bleiben darf, zwei Körper in relativer Ruhe zu einander sich befinden, aber dennoch beide zu einem dritten Körper in Bewegung sind, so sagt man, sie sind in gemeinschaftlicher Bewegung. So z. B. sind zwei Personen, die mit einander in demselben fortrollenden Wagen sitzen, in gemeinschaftlicher Bewegung.

Der Weg oder die Bahn wird durch die sämmtlichen, ununterbrochen zusammenhängend gedachten Orte dargestellt, welche ein in Bewegung gesetzter Körper vom Anfange bis zum Ende seiner Bewegung allmälig oder der Reihe nach einnimmt. Offenbar muß die Bahn eines Punktes eine Linie, die einer Linie eine Fläche, die einer Fläche oder eines Körpers ein Körper sein. Wegen der leichtern Darstellung aber pflegt man die Bahnen der Körper, indem bloß die Bewegung der Punkte, in welche man sich die ganze Masse der bewegten Körper vereinigt denken kann, betrachtet wird, ebenfalls durch Linien vorzustellen. Weil nun die Bahn eines bewegten Körpers entweder eine gerade Linie oder eine krumme Linie sein kann, so wird demnach die Bewegung des Körpers eine geradlinige oder eine krummlinige sein. Hat ein Körper eine geradlinige Bewegung, so giebt die Lage seiner geradlinigen Bahn offenbar die Richtung der Bewegung an, während bei einer krummlinigen Bewegung die, in irgend einem Punkte der krummlinigen Bahn an die letztere gezogene, Tangente die Richtung des bewegten Körpers in dem Augenblicke angiebt, da sich der Körper in diesem Punkte befindet. Und diese Richtung wird dann offenbar immer in je zwei benachbarten Punkten der krummlinigen Bahn verschieden sein. Uebrigens kann nach dem Begriffe der krummen Linien die krummlinige Bewegung als zusammengesetzt gedacht werden aus unendlich vielen, unendlich kleinen geradlinigen Bewegungen, welche mit sich stetig ändernder Richtung geschehen.

Man unterscheidet ferner zwischen fortschreitender (progressiver) Bewegung und drehender (rotirender) Bewegung. Die erstere hat ein Körper, dessen sämmtliche Theile (Punkte) nach denselben und parallelen Richtungen sich fortbewegen; dagegen hat ein Körper eine drehende Bewegung, d. h. er rotirt, sobald nur ein oder mehrere Theile desselben ruhen, während gleichzeitig sich alle übrigen Theile in Bewegung befinden. Ein rotirender Körper kann hierbei entweder seinen Ort im Raume überhaupt ändern oder nicht, wie im ersteren Falle z. B. bei den Haupt- und Nebenplaneten unseres Sonnensystems, im letzteren Falle z. B. bei den Rädern einer Wassermühle stattfindet, wo also nur die einzelnen Theile der Räder allmälig andere Orte im Raume einnehmen. Aber bei jeder rotirenden Bewegung giebt es einen einzigen, sich nicht bewegenden Punkt, welcher der Mittelpunkt der Drehung oder kurz der Drehpunkt genannt wird. Die durch denselben gezogen gedachte gerade, gleichfalls nicht bewegte Linie heißt dann die Drehungs- oder Rotationsaxe oder auch bloß die Axe.

Die bei Beschreibung der Bahn irgend eines bewegten Körpers verflossene Zeit muß berücksichtigt werden, weil man, indem man die Größe der Bahn oder die Länge des Weges, den der bewegte Körper in einer gewissen Zeit durchläuft oder zurücklegt, in Anschlag bringt, erst auf diese Weise zu dem Begriffe der Geschwindigkeit dieses bewegten Körpers gelangen und diese Geschwindigkeit selbst bestimmen oder angeben kann. Es wird aber die Zeit überhaupt durch diejenige Einheit gemessen, deren Unveränderlichkeit durch nahe 2000 jährige Beobachtungen evident nachgewiesen ist. Diese Einheit ist bekanntlich die Zeitdauer

einer einmaligen Umdrehung der Erde um ihre Axe, d. h. der Sterntag, dessen 86164,09. Theil (die Sternzeitsecunde) 86400 mal genommen die Dauer eines sogenannten mittleren Sonnentages giebt.

Alle Bewegungen werden ferner, zufolge einer sogleich zu erwähnenden Betrachtung, in gleichförmige und ungleichförmige Bewegungen unterschieden. Gleichförmig ist eine Bewegung, sobald die von dem Körper in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege stets von gleicher Länge sind, oder wenn (wie man zu sagen pflegt) die durchlaufenen Wege den hierzu gebrauchten Zeiten proportional sind. Wo dieses aber nicht stattfindet, da ist die Bewegung ungleichförmig. Die ungleichförmige Bewegung kann nun eine beschleunigte oder eine verzögerte Bewegung sein, je nachdem die, in den aufeinander folgenden Zeitintervallen durchlaufenen, Wege entweder stets größer oder stets kleiner werden. Weil aber dieses Größer- oder Kleinerwerden selbst wieder entweder gleich- oder ungleichförmig vor sich gehen kann, so kann es sowohl eine gleichförmig beschleunigte (wie sie z. B. jeder freifallende Körper zeigt) oder verzögerte Bewegung, als auch eine ungleichförmig beschleunigte oder verzögerte Bewegung geben. Uebrigens nennt man bei einer ungleichförmigen Bewegung überhaupt die Veränderung der Wege in den sich folgenden gleichen Zeitintervallen entweder Beschleunigung (Acceleration) oder Verzögerung (Retardation), je nachdem die ungleichförmige Bewegung eine beschleunigte oder verzögerte ist.

Bei jeder Bewegung ergiebt die Vergleichung der Zeiten mit den Wegen, zu denen sie gehören, den Begriff der Geschwindigkeit, wie auch schon oben angedeutet wurde. Bei dieser Vergleichung liegt als Zeiteinheit gewöhnlich die Sexagesimal-Zeitsecunde der mittlern Sonnenzeit zum Grunde. Die Geschwindigkeit für gleichförmige Bewegungen, wo in gleichen Zeiten gleich große Wege beschrieben werden, ist in allen Punkten des ganzen Weges gleich groß und wird offenbar durch den in einer Secunde durchlaufenen Weg dargestellt. Durchläuft also ein Körper seinen Weg zu Anfange einer jeden Secunde mit einer andern Geschwindigkeit als zu Ende der Secunde, so sagt man von ihm, daß er sich ungleichförmig bewege. Mithin muß, wenn von der Geschwindigkeit eines sich ungleichförmig bewegenden Körpers die Rede ist, angegeben werden, für welchen Zeitpunkt und in welchem Punkte der Bahn diese Geschwindigkeit gilt, und diese Geschwindigkeit wird dann stets für denjenigen Weg genommen, welchen der bewegte Körper in der, dem gedachten Zeitpunkte zunächst folgenden, Secunde durchlaufen würde, sobald die ungleichförmige Bewegung des Körpers in jenem Zeitpunkte selbst plötzlich in eine ganz gleichförmige überginge. Es versteht sich übrigens von selbst, daß für eine absolute Bewegung auch die Geschwindigkeit eine absolute, und für eine relative Bewegung auch die Geschwindigkeit eine relative sein müsse.

Wenn ein Punkt sich um eine feste Axe bewegt, so spricht man nicht bloß von der Geschwindigkeit dieser Bewegung, sondern auch noch von einer andern, der sogenannten Winkelgeschwindigkeit, d. h. von dem Verhältnisse der Zeiten zu den Winkelräumen, die von dem, in dem sich drehenden Körper gezogenen, Radius des gedachten Punktes in diesen Zeiten beschrieben werden. Bei der Bewegung eines Planeten in seiner elliptischen Bahn um die Sonne versteht man unter der Winkelgeschwindigkeit dieses Planeten das Verhältniß der Zeiten zu den stets von dem Perihel an genommenen Winkelräumen, die von dem Radius Vector

des Planeten in diesen Zeiten beschrieben werden. Daß übrigens alle Punkte eines, um eine feste Axe rotirenden, Körpers gleiche Winkelgeschwindigkeit besitzen müssen, ist an und für sich klar.

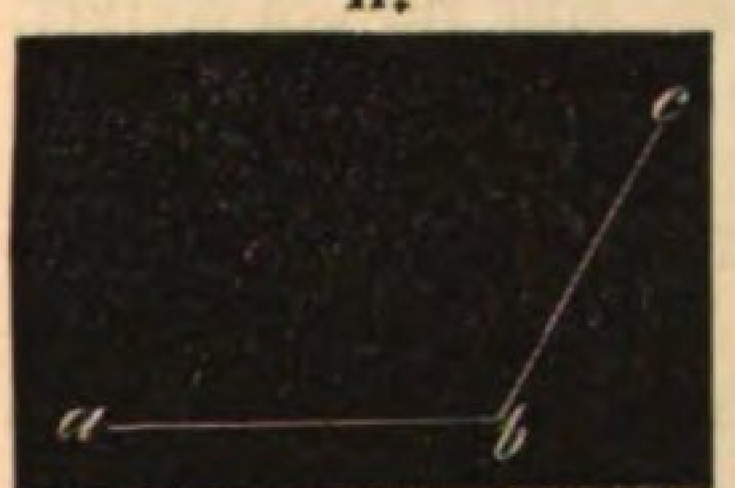
Die Ursache der Bewegung nennen wir **Kraft** (ohne uns aber das wahre Wesen derselben erklären zu können) und wir sagen, daß die Kraft, welche einen Körper mit einer Geschwindigkeit in Bewegung setzt, die noch einmal so groß ist als **die** Geschwindigkeit, mit der ein gleicher Körper von einer andern Kraft in Bewegung gesetzt wird, auch noch einmal so groß sei als diese zweite Kraft. Denn die Kräfte — zu denen man in der Physik Cohäsion, Adhäsion, Schwere, Elektricität, Stoß durch schon bewegte Körper, Gewicht der Körper, Elasticität, Wärme, Expansion der Dämpfe, Muskelkraft der Menschen und Thiere rechnet — können nur aus ihren Wirkungen beurtheilt, folglich auch durch kein eigentliches Maß bestimmt werden. In der schriftlichen Darstellung werden sie durch Zahlen oder gerade Linien ausgedrückt, wobei die Einheit eigentlich ganz willkürlich ist. Es erhellet ferner, daß bei gleichen zu bewegenden Körpern oder auch bei demselben Körper eine gleiche Kraft auch eine gleiche Geschwindigkeit veranlasse. Folglich muß man für jede Aenderung der Geschwindigkeit eine neue Kraft als wirksam annehmen, sowie auch voraussetzen, daß eine Kraft dem Körper in seiner Bewegung eine bestimmte Richtung gebe; für jede Aenderung der Richtung muß also eine neue Kraft als wirksam angenommen werden.

I.



Gesetzt eine Kugel rollt von einer Kraft, die wir K nennen wollen, in Bewegung gesetzt mit solcher Geschwindigkeit fort, daß sie einen Weg = ab (Fig. I.) in jeder Secunde zurücklegt, so kommt sie in 4 Secunden bis ag; von dem Augenblicke, wo sie in g ankommt, verdoppelt sie aber ihre Geschwindigkeit, so daß sie nun in einer Secunde

II.



gh = 2 ab zurücklegt. Wir werden sagen, es sei in g eine neue Kraft K′ zu der ersten K hinzugekommen, und diese Kräfte zusammengenommen hätten von g an die Kugel in Bewegung gesetzt. — Oder bewegt sich eine Kugel, von einer gewissen Kraft K in Bewegung gesetzt, in der Richtung ab (Fig. II.) fort, nimmt aber in dem Augenblicke, wo sie in b ankommt, die Richtung bc an, so nehmen wir an, in b habe eine zweite Kraft K′ auf die Kugel gewirkt, welche sie aus ihrer früheren Richtung ab herausgestoßen habe.

Da nun ein Körper so lange ruht, bis eine Kraft ihn in Bewegung setzt, und wird er durch eine Kraft in Bewegung gesetzt, durch welche er eine sich fortwährend gleichbleibende Geschwindigkeit erhält, bis eine andere Kraft dieselbe beschleunigt oder verzögert, so sagt man: der Körper beharrt, so lange er durch keine Kraft angegriffen wird, in der einmal angenommenen Ruhe oder Bewegung. Man nennt dieses Gesetz das **Gesetz der Trägheit oder des Beharrungsvermögens**; denn die Materie ist überhaupt gleichgültig gegen Ruhe und Bewegung, d. h. von selbst geräth sie weder in Bewegung, wenn sie im Zustande der Ruhe, noch in Ruhe, wenn sie im Zustande der Bewegung war. Diesem Gesetze scheint die Erfahrung zu widersprechen, indem jeder Körper, den wir durch irgend eine Kraft in Bewegung setzen, allmälig wieder zur Ruhe kommt.

Wir bemerken aber auch bald, daß, je weniger Anstoß ein bewegter Körper findet, er desto länger seine Bewegung beibehält; man sagt, je geringer die Reibung ist, desto langsamer nimmt die Geschwindigkeit des bewegten Körpers ab. Die Reibung aber ist nichts anderes als eine fortgesetzte Reihe von Kräften, welche fortwährend auf den Körper wirken und zwar entgegengesetzt derjenigen Kraft, die zuerst dem Körper seine Geschwindigkeit mittheilte, und obgleich jede dieser Kräfte an sich geringer ist als jene erste Kraft; so sammeln sie sich doch, nach dem Gesetze der Trägheit, in dem bewegten Körper, und in dem Augenblicke, wo ihre Summe gleich wird der Kraft, welche den Körper anfänglich in Bewegung setzte, kommt der Körper zur Ruhe. Könnten wir einen Körper in Bewegung setzen und zugleich alle Reibung verhindern, so würde sich der Körper in die Unendlichkeit ohne Aufhören mit derselben anfänglichen Geschwindigkeit bewegen. Das Gesetz der Trägheit offenbart sich uns übrigens in hundert Erfahrungen, die wir täglich machen. Wenn man z. B., ohne die nöthige Vorsicht anzuwenden, von einem schnell fahrenden Wagen herabspringt, so wird man stets der Länge lang hinfallen, weil der Körper dem Gesetze der Trägheit gemäß noch theilweise die Bewegung des Wagens theilt. Wenn man in einem Kahne steht und dieser unversehens durch einen festen Gegenstand in seiner Bewegung gehemmt wird, so fällt man nach vorn hin, denn während die Beine mit dem Kahn stehen bleiben, setzt der Körper die angenommene Bewegung fort. Eine lose an ihren Stiel befestigte Axt schnell von oben nach unten bewegt, so daß das Ende des Stiels hart auf einen festen Körper aufstößt, fliegt nicht vom Stiele ab, sondern an ihm herunter, bis sie sich festklemmt. Denn dem Gesetze der Trägheit gemäß bewegt sich die Axt fort in ihrer Richtung nach unten, die ihr mit dem Stiele ertheilt wurde, auch dann noch, wenn schon die Bewegung des Stiels durch den festen Körper gehemmt wurde. Das Gesetz der Trägheit ist es auch, demzufolge es uns unmöglich ist, in einem sehr schnellen Laufe plötzlich anzuhalten.

Wirkt dieselbe Kraft nicht einmal, sondern immer aufs neue auf den Körper, so wird dadurch die Geschwindigkeit desselben fortwährend beschleunigt. Ein einmaliger Stoß, d. h. eine augenblicklich wirkende Kraft, welche Momentankraft genannt wird, giebt dem Körper eine bestimmte Geschwindigkeit, derselbe Stoß noch einmal angebracht, verdoppelt die Geschwindigkeit ꝛc. Wirkt eine Kraft fortwährend auf den Körper, wie die Schwere beim Falle, so hat der Körper im zweiten Augenblicke des Falles schon die doppelte Geschwindigkeit, die er im ersten hatte. Die Geschwindigkeit wächst fortwährend, ist also eine beschleunigte Geschwindigkeit.

Kräfte, welche anhaltend wirken und daher eine beschleunigte Geschwindigkeit erzeugen, heißen beschleunigende Kräfte oder continuirliche Kräfte (wie z. B. die Schwere), ohne aber hierbei, wenigstens im Allgemeinen, zu berücksichtigen, ob diese beschleunigenden Kräfte, die übrigens entweder constant oder veränderlich sein können, eine beschleunigte oder eine verzögerte Bewegung erzeugen. Die Kräfte werden in absolute und relative unterschieden. Eine Kraft heißt absolut, sobald sie von der Geschwindigkeit eines Körpers, auf den sie einwirkt, nicht abhängig ist; im entgegengesetzten Falle sagt man, daß die Kraft eine relative sei, wie z. B. die Kraft, mit welcher Wasser gegen einen Körper stoßend wirkt, da hingegen die Anziehungskraft der Erde eine absolute ist. Doch braucht man auf den Unterschied absoluter und relativer Kräfte bei der Ent-

wickelung der allgemeinen Bewegungsgesetze nicht besonders zu achten, da man offenbar jede relative Kraft bei ihrer Wirkung in irgend einem Moment mit einer absoluten Kraft vergleichen kann.

Bei der Geschwindigkeit. welche dieselbe Kraft verschiedenen Körpern mittheilt, kommt in Betracht die Masse der verschiedenen Körper. Ein Körper von doppelt so großer Masse als ein anderer erhält durch dieselbe Kraft nur eine halb so große Geschwindigkeit als der zweite Körper. Dies als Gesetz ausgesprochen heißt: bei gleichen Kräften verhalten sich die Geschwindigkeiten umgekehrt wie die Massen.

Es giebt auch Fälle, wo eine Kraft von einem Mittelpunkte aus nach allen Seiten hin wirkt. Dann wird eine solche Kraft Centralkraft und die durch sie erzeugte Bewegung Centralbewegung genannt.

Die angewandte Kraft wirkt zunächst nur auf denjenigen Theil eines Körpers, den sie unmittelbar trifft und pflanzt sich erst allmälig nach den übrigen Theilen des Körpers fort. Ist daher die angewandte Kraft stärker als der Zusammenhang der Theile des Körpers unter einander, so wird der Zusammenhang der Theile des Körpers zerrissen. Dies geschieht besonders, wenn eine stärkere Kraft auf einmal als Stoß gegen einen Körper von geringem Zusammenhange wirkt; dann wird nicht der ganze Körper fortbewegt, sondern es werden die unmittelbar betroffenen Theile vom Körper abgetrennt. Wenn man z. B. gegen eine dünne bewegliche Holzplatte eine Kugel schießt, so geht diese durch die Platte hindurch, reißt also die einzelnen getroffenen Theile aus ihrem Zusammenhange, während die ganze Platte unbewegt bleibt.

Man unterscheidet zwischen freier Bewegung und Bewegung auf vorgeschriebenem Wege. Jene findet statt, sobald ein Körper, ohne auf ein Hinderniß zu stoßen, während seiner Bewegung völlig dem, von den auf ihn einwirkenden Kräften vorgeschriebenen Wege folgt. Dagegen bewegt sich ein Körper auf vorgeschriebenem Wege, wenn er wegen eines Hindernisses einen gewissen Weg zu durchlaufen gezwungen ist, während er ohne dieses Hinderniß eine andere Bahn beschreiben würde. Eine freie Bewegung ist z. B. der freie Fall der Körper, eine Bewegung auf vorgeschriebenem Wege dagegen z. B. der Fall auf der schiefen Ebene und die Bewegung des Uhrpendels. Bloß von solchen letztern Bewegungen ist in der praktischen Mechanik meistens die Rede.

Alles Bisherige bezog sich bloß auf die Bewegung eines Punktes und der Geschwindigkeit seiner Bewegung, mithin nur auf einfache Bewegung und einfache Geschwindigkeit. Man kann nun aber auch die Bewegungen eines Punktes X als aus den Bewegungen der Punkte A, B, C, ... zusammengesetzt annehmen. Dann heißt die Bewegung des Punktes X eine aus denen von A, B, C, ... zusammengesetzte Bewegung, sobald für je zwei Zeitpunkte die Lage des Ortes des Punktes X in dem einen gegen seinen Ort in dem andern Zeitpunkte zusammengesetzt ist aus den Lagen, welche die Oerter der Punkte A, B, C, ... im erstern Zeitpunkte resp. gegen die Oerter derselben im letztern haben. Ebenso kann man auch, da sich die Geschwindigkeit durch eine gerade Linie ausdrücken läßt, welche die Richtung der Bewegung hat und deren Länge dem in der Zeiteinheit beschriebenen Wege gleich ist, eine Geschwindigkeit aus zwei oder mehreren andern Geschwindigkeiten zusammengesetzt nennen, sobald die die erstere ausdrückende

Linie aus den die letztern ausdrückenden Linien zusammengesetzt ist. Aus dem Vorstehenden ergiebt sich nun, daß man bei jeder Bewegung im Allgemeinen die Ursache (Kraft) und die Richtung der Bewegung, die Zeit und den zurückgelegten Weg, die Geschwindigkeit und die Größe der Bewegung zu berücksichtigen habe.

I. Bewegung materieller Punkte.

A) Gleichförmig bleibende Bewegung.

Wenn irgend ein Punkt auf einer geradlinigen Bahn mit der Geschwindigkeit v (wo also v den in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg bezeichnet) während der Zeit t den Weg s durchläuft, so hat man, zufolge der Definition der gleichförmigen Bewegung, die Proportion: $1 : v = t : s$ und aus dieser Proportion die bekannten drei Fundamentalgleichungen:

$$1)\ v = \frac{s}{t},\quad 2)\ t = \frac{s}{v},\quad 3)\ s = vt;$$

d. h. die Geschwindigkeit ist gleich dem, durch die gebrauchte Zeit dividirten, beschriebenen Wege, ferner die zur Zurücklegung des Weges nöthige Zeit ist gleich dem, durch die Geschwindigkeit dividirten, beschriebenen Wege, und endlich der Weg ist gleich der in die Zeit multiplicirten Geschwindigkeit.

Es sei nun A ein fester Punkt, B und B' zwei mit A in einer geraden Linie liegende Punkte, und zwar B von A um a und B' von A um a' entfernt. Nun bewege sich ein Punkt b von B aus mit der Geschwindigkeit v binnen t Zeitsecunden, und gleichzeitig ein Punkt b' von B' aus mit der Geschwindigkeit v' binnen t Zeitsecunden; so wird, wenn $\varDelta$, $\varDelta'$ die Entfernungen der Punkte b, b' von A bezeichnen, welche b, b' am Ende der tten Zeitsecunde erlangt haben, alsdann offenbar

$$4)\ \begin{cases} \varDelta = a + vt \\ \varDelta' = a' + v't \end{cases}$$

sein, und die Größe $\varDelta - \varDelta' = (a - a') + (v - v')\,t$ wird die Entfernung des Punktes b von dem Punkte b' nach Verlauf von t Secunden ausdrücken. Bewegen sich b, b' nach einerlei Richtung, so ist $v - v'$ ihre relative Geschwindigkeit, die aber $v + v'$ sein muß, wenn die Richtungen beider Bewegungen einander entgegengesetzt sind. Fängt jedoch b' um t' Secunden früher oder später an sich zu bewegen als b, so werden statt der Gleichungen 4) offenbar die folgenden:

$$5)\ \begin{cases} \varDelta = a + vt \\ \varDelta' = a' + v'\,(t \pm t') \end{cases}$$

stattfinden müssen, und diese Gleichungen dienen zur Beantwortung einer Menge hierher gehöriger interessanter Fragen. Man s. hierüber z. B. Meier Hirsch Samml. v. Beisp., Form. u. Aufg. aus d. Buchstabenrechn. 6. Aufl. Berl. 1841. S. 173. 54), 56), 59), 60), 62), 63), 65) und 66). — Wenn ein Punkt sich aber in einer krummen Linie gleichförmig bewegt, so ist unter der Geschwindigkeit v das in der Zeiteinheit und unter dem Wege s das in t Zeitsecunden durchlaufene Stück (Bogen) der krummen Linie zu verstehen. Wenn nun irgend ein Punkt sich mit der Geschwindigkeit v so auf der Peripherie eines Kreises, der r zum Radius hat, fortbewegt, daß der Punkt binnen t Secunden n Umläufe macht, so wird man, zufolge der Gleichung 2), da $s = n.\,2r\pi$ sein muß, den Ausdruck er-

halten $t = \frac{n.\,2r\pi}{v}$, d. h. 6) $2nr\pi = vt$, und hieraus die Gleichungen: $n = \frac{vt}{2r\pi}$, $r = \frac{vt}{2n\pi}$, $v = \frac{2nr\pi}{t}$, $t = \frac{2nr\pi}{v}$. Wird hier die Winkelgeschwindigkeit durch w bezeichnet, so hat man offenbar die Proportion $t : n = 360^0 : w^0$ und aus dieser 7) $w = \frac{360n}{t}$, also auch 8) $w = \frac{180v}{\pi r}$. Wenn sich dagegen zwei Punkte b, b′ auf der Peripherie eines Kreises, die p Fuß lang ist, anfangs um den Bogen von d Fuß Länge von einander abstehend, hinter einander mit den resp. Geschwindigkeiten von v und v′ Fußen in 1 Secunde fortbewegen, so werden diese beiden Punkte b, b′, vorausgesetzt, daß sie sich in ihren Bewegungen gegenseitig nicht stören, sobald b um t Secunden früher oder später als b′ sich zu bewegen anfängt, nach $\frac{(n-1)\,p + d \pm vt}{v'-v}$ Secunden zum nten Male zusammentreffen. Geschieht aber die Bewegung von b in der Richtung, welche der von b′ entgegengesetzt ist, so werden b und b′ offenbar nach $\frac{(n-1)\,p + d \mp vt}{v' + v}$ Secunden zum nten Male zusammentreffen müssen.

B) Gleichförmig veränderte Bewegung.

Bei einer gleichförmig veränderten Bewegung ist nach der von ihr oben gegebenen Definition die Geschwindigkeit stets nur mit Angabe der Zeit, auf welche sie sich bezieht, denkbar. Man pflegt die durch stetige Einwirkung während der ganzen Zeit t erzeugte, am Ende der Zeit t stattfindende, Geschwindigkeit v gewöhnlich die **Endgeschwindigkeit** zu nennen. Es ist dann aber der unter Voraussetzung einer stetig wirkenden, gleichförmig beschleunigten Kraft in der Zeit t zurückgelegte Weg $s = gt^2$, wo g den in der ersten Zeiteinheit durchlaufenen Weg bezeichnen soll, jedoch immer die Kraft als eine stetigwirkende, gleichförmig beschleunigende vorausgesetzt. Ebenso wird man für die Zeit t_1 haben $s_1 = gt_1^2$ und daher auch $s : s_1 = gt^2 : gt_1^2$, d. h. die beiden Proportionen:

$$9) \begin{cases} s : s_1 = t^2 : t_1^2 \\ t : t_1 = \sqrt{s} : \sqrt{s_1}; \end{cases}$$

mithin **verhalten sich bei stetig gleichförmig beschleunigter Bewegung die Wege wie die Quadrate der hierzu gebrauchten Zeiten oder die Zeiten wie die Quadratwurzeln aus den in diesen Zeiten beschriebenen Wegen.** Die Endgeschwindigkeit v, welche am Ende der Zeit t erlangt worden ist, wird durch die Gleichung $v = 2gt$ bestimmt. Es sind nun aber die Gleichungen 10) $\begin{cases} s = gt^2 \\ v = 2gt \end{cases}$ diejenigen, welche die ganze Theorie der gleichförmig beschleunigten Bewegung enthalten und die daher alle hierher gehörigen Fragen beantworten, wie folgt:

$$11)\begin{cases} s = gt^2 = \tfrac{1}{2}.\,vt = \tfrac{1}{4}.\,\dfrac{v^2}{g} \\ v = 2gt = 2.\,\dfrac{s}{t} = 2\sqrt{gs} \\ t = 2.\,\dfrac{s}{v} = \tfrac{1}{2}.\,\dfrac{v}{g} = \sqrt{\dfrac{s}{g}} \\ g = \dfrac{v}{2t} = \dfrac{s}{t^2} = \tfrac{1}{4}.\,\dfrac{v^2}{s} \end{cases}$$

Diese Formeln bilden auch die Fundamentalgleichungen für den freien Fall der Körper, und auf sie werden wir uns in dem Art. Fall der Körper, freier, beziehen; die Richtigkeit der Gesetze des Falles wird experimentell durch die Fallmaschine (s. d. Art.) nachgewiesen. Man nehme nun an, einem Punkte, auf den eine gleichförmig beschleunigende Kraft einwirkt, sei bei Beginn seiner Bewegung mittelst einer momentan (augenblicklich) wirkenden Kraft zugleich noch eine sogenannte Anfangsgeschwindigkeit c gegeben worden; so hat man nach dem, was oben von der gleichförmigen Bewegung gesagt worden, offenbar die beiden Gleichungen

$$12)\begin{cases} s = ct \pm gt^2 \\ v = c \pm 2gt, \end{cases}$$

in denen das untere Zeichen für den Fall genommen werden muß, wo die Richtung von v derjenigen von c direct entgegengesetzt ist. Aus den Gleichungen 12) ergeben sich übrigens die folgenden:

$$12)\begin{cases} s = ct \pm gt^2 = \pm\,\dfrac{v^2 - c^2}{4g} = ct \pm \tfrac{1}{2}\,(v - c)t \\ v = c \pm 2gt = \dfrac{2s - ct}{t} \\ c = \dfrac{s \mp gt^2}{t} = v \mp 2gt \\ g = \pm\,\dfrac{s - ct}{t^2} = \pm\,\dfrac{v - c}{2t} \\ t = \mp\,\dfrac{c - \sqrt{c^2 + 4gs}}{2g} = \pm\,\dfrac{v - c}{2g} \end{cases}$$

in welchen allgemeinen Gleichungen die von 11) für c = o enthalten sind. Da sich die Größe einer Kraft bloß nach der durch sie erzeugten Wirkung beurtheilen läßt, so kann man sowohl momentan wirkende als auch gleichförmig beschleunigende Kräfte den durch sie in gleichen Zeiten erzeugten Geschwindigkeiten proportional setzen, jedoch stets unter der Voraussetzung, daß die Kräfte nur auf Punkte einwirken. Dann aber kann man, wenn eine gleichförmig beschleunigende Kraft, die in der ersten Zeiteinheit eine der zum Grunde gelegten Längeneinheit gleiche Geschwindigkeit erzeugt, als sogenannte Krafteinheit angenommen worden, die Größe 2g das Maß der beschleunigenden Kraft nennen. Uebrigens erhellet leicht, daß die Gleichungen 12), wenn in ihnen stets das untere Zeichen genommen wird, für die gleichförmig verzögerte Bewegung, wo natürlich schon eine Anfangsgeschwindigkeit vorhanden sein muß, giltig sind. Setzt man in ihnen für diesen Fall noch v = o, so entstehen die Gleichungen:

$$13)\begin{cases} s = \frac{c^2}{4g} = \frac{1}{2}\,ct \\ c = 2gt = \frac{2s}{t} \\ g = \frac{c}{2t} \\ t = \frac{c}{2g} = \frac{2s}{c} \end{cases}$$

C) Ungleichförmig veränderte Bewegung.

Für jede ungleichförmig veränderte Bewegung kann das Maß 2g der beschleunigenden Kraft nicht mehr als eigentliches Maß stattfinden, da diese Größe 2g hier natürlich ebenfalls veränderlich sein muß, so daß also die Kenntniß des Gesetzes dieser Veränderlichkeit durchaus nothwendig ist. Diese Veränderlichkeit läßt sich nun entweder als eine Function des durchlaufenen Weges oder der erlangten Geschwindigkeit während der verflossenen Zeit ansehen. Ein frei fallender Körper z. B. durch die Anziehungskraft der Erde nach deren Mittelpunkte getrieben, beschleunigt in jedem Punkte seiner Bahn seine Bewegung im Verhältniß der Größe dieser Anziehungskraft, welche sich umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung des angezogenen Punktes vom Erd-Mittelpunkte verhält. Mithin hat dieser Punkt eine beschleunigte Bewegung mit stets wachsender Beschleunigung. (Indessen pflegt man wegen Einfachheit der Rechnung bei geringen Fallhöhen die Größe der Anziehungskraft der Erde als constant anzunehmen, ohne daß dadurch ein erheblicher Fehler in der Bestimmung des gesuchten Resultates entstände; siehe d. Art. Fall der Körper, freier.) Ein anderes Beispiel von ungleichförmig veränderter Bewegung bietet ein im widerstehenden Mittel sich bewegender Körper dar, denn dieser findet einen sich mit der Geschwindigkeit seiner Bewegung ändernden Widerstand, den man in der Regel dem Quadrate dieser Geschwindigkeit proportional setzt. Der Körper hat daher eine ungleichförmig verzögerte Bewegung.

Da sich die allgemeinen Gesetze der ungleichförmig veränderten Bewegung bloß mit Hülfe der höhern Analysis am einfachsten bestimmen und deutlich darstellen lassen, der Praktiker aber mit höhern Rechnungen meistens nicht vertraut ist, so hat man für ihn verschiedene Methoden, aus den Resultaten von, eine ungleichförmig veränderte Bewegung zeigenden, Beobachtungen die gesuchten Größen durch Annäherungsconstructionen abzuleiten, welche Ableitungen umständlich zu geben hier ebenso wenig der Ort sein kann, als die Theorie der ungleichförmig veränderten Bewegung im analytischen Gewande darzustellen. Wir können nur Folgendes hierüber bemerken. Wenn man die Fundamentalgleichung der ungleichförmig veränderten Bewegung bestimmen will, so legt man gewöhnlich ähnliche Voraussetzungen zu Grunde, als die, welche bei der Bestimmung der allgemeinen Gesetze für die gleichförmig veränderte Bewegung gemacht werden. Hauptsächlich nimmt man an, die ungleichförmig veränderte Bewegung sei aus unendlich vielen, unendlich kleinen Wegen zusammengesetzt, und ein jeder dieser Wege werde in einer unendlich kleinen Zeit mit gleichförmiger Bewegung durchlaufen. Alsdann nimmt man mit Recht an, daß die stets veränderliche, beschleunigende Kraft während der unendlich kleinen Zeit, in der auch die Geschwindigkeit sich gleichbleibend vorausgesetzt wird, constant

bleibe. Und so ist es endlich möglich, diese Kraft mit einer andern, die Beschleunigung erzeugenden, constanten Kraft in eine Vergleichung mittelst des Satzes zu bringen, daß sich die Kräfte unter übrigens gleichen Umständen wie ihre Wirkungen, d. h. wie die erzeugten Geschwindigkeiten verhalten. Auf diese Weise erhält man die Fundamentalgleichungen für die ungleichförmig veränderte Bewegung, in welche nun die auf dem Wege der Erfahrung bestimmten Gesetze für die Abhängigkeit der Beschleunigung von der Zeit substituirt werden. Um jedoch die bei einer ungleichförmigen Bewegung mit einander correspondirenden Elemente gehörig zu beobachten, hat man in der Praxis mancherlei Methoden, von welchen namentlich in dem Art. Reibung und Widerstand die Rede sein wird.

D) Zusammengesetzte Bewegung in einer geraden Linie.

Ein materieller Punkt, der in einer geraden Linie zwei gleichförmige Bewegungen mit den resp. Geschwindigkeiten v und v_1 hat, legt in jeder Zeiteinheit den Weg $v \pm v_1$ (das untere Zeichen für Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Richtungen) zurück, und folglich nach t Secunden den Weg

$$14)\quad s = (v \pm v_1)\, t$$

zurück. Dies läßt sich leicht auf den Fall von mehr als zwei gleichförmigen Bewegungen in einer geraden Linie ausdehnen, und man kann daher allgemein sagen: durch mehrere gleichförmige Bewegungen in einer geraden Linie entsteht eine gleichförmige Bewegung mit einer der algebraischen Summe der ursprünglichen Geschwindigkeiten gleichen Geschwindigkeit. Wenn aber in einer Geraden zwei durch die Beschleunigungen G und G_1 resp. gleichförmig veränderte Bewegungen stattfinden, so wird offenbar $v = (G \pm G_1)\, t$ sein, und man kann dann allgemein sagen: mehrere gleichförmig veränderte Bewegungen in einer geraden Linie erzeugen eine gleichförmig veränderte Bewegung mit einer der algebraischen Summe der ursprünglichen Beschleunigungen gleichen Beschleunigung.

E) Zusammengesetzte Bewegung nach verschiedenen Richtungen.

Wenn ein Punkt gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen Bewegung erhält, so kann er keiner dieser Richtungen ausschließlich folgen, sondern er muß offenbar eine durch die Art, Richtung und Geschwindigkeit (oder Beschleunigung) der ursprünglichen Bewegungen bedingte neue Richtung erhalten. Die ursprünglichen Bewegungen pflegt man die Seitenbewegungen (Componanten) und die neu entstehende Bewegung die mittlere, gewöhnlicher die resultirende Bewegung zu nennen.

Sind nun für einen gewissen Punkt zwei Bewegungen, deren Richtungen unter einander den Winkel α bilden, mit den resp. Geschwindigkeiten v und v_1 vorhanden, so ist leicht einzusehen, daß, weil man v und v_1 durch zwei gerade, den Winkel α mit einander bildende Linien darstellen und hieraus dann ein Parallelogramm (das Parallelogramm der Bewegungen) construiren kann, der Punkt weder der Richtung der v, noch der Richtung der v_1 darstellenden Geraden allein folgen wird, sondern die Richtung der Diagonale des Parallelogramms einschlagen und dabei diejenige Geschwindigkeit V erhalten muß, welche durch die Länge der Diagonale dargestellt wird, und die neue Richtung, welche der Punkt erhält,

macht mit den ursprünglichen Richtungen offenbar den Winkel $^1/_2\ \alpha$. Mithin wird nach einem bekannten Satze der ebenen Trigonometrie

$$15)\ V = \sqrt{v^2 + v_1^2 + 2v\, v_1 \cos \alpha}$$

sein, und wenn beide Geschwindigkeiten v und v_1 einander gleich sind, so wird man haben: $16)\ V = v \sqrt{2 + \cos \alpha}$, d. h. $V = 2v \cos {}^1/_2\ \alpha$.

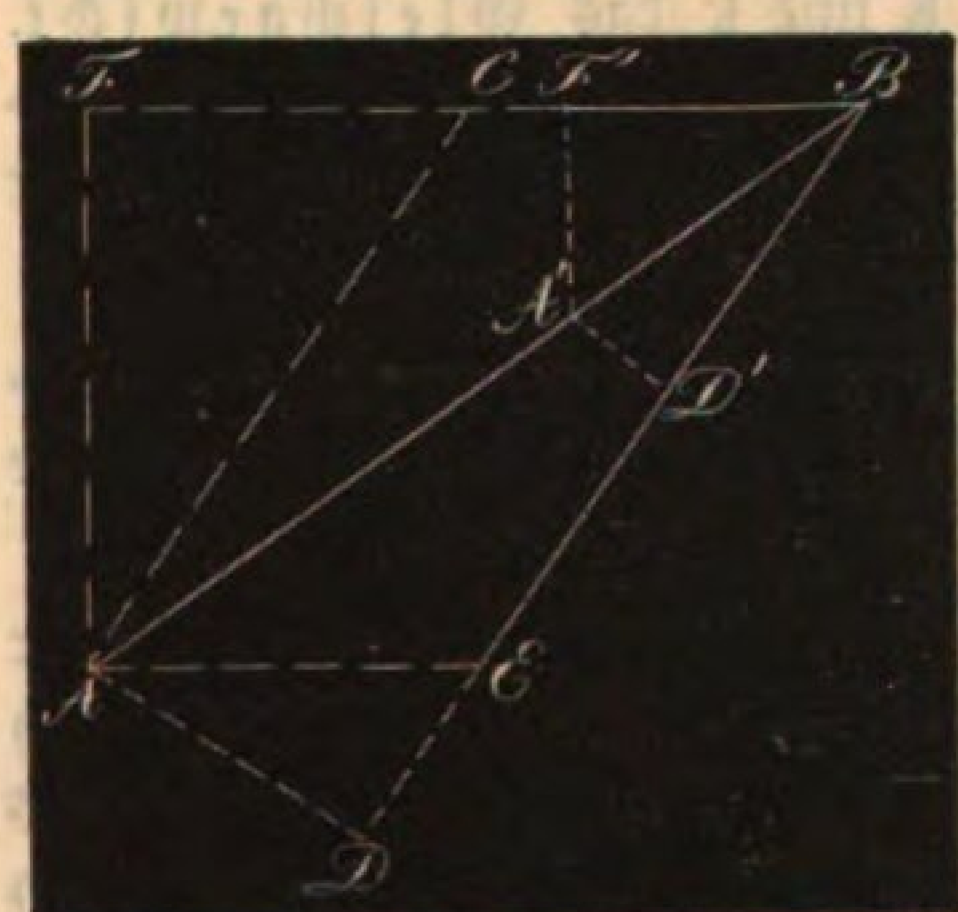
Es läßt nun aber mit Hülfe des Parallelogramms der Bewegungen sehr leicht die ganz allgemeine Aufgabe lösen, wo n Seitenbewegungen mit den Geschwindigkeiten $v_1, v_2, v_3 \ldots v_n$ einem Punkte gleichzeitig ertheilt werden und man soll die Größe V_{n-2} und Richtung der resultirenden Bewegung bestimmen. Diese Lösung ist eine successive, indem man erst die resultirende Bewegung R_1 der beiden ersten Seitenbewegungen, dann die resultirende Bewegung R_2 von R_1 und der dritten Seitenbewegung, nachher die resultirende Bewegung R_3 von R_2 und der vierten Seitenbewegung u. s. w. bestimmt, bis man die resultirende Bewegung R_{n-1} von R_{n-2} und der nten Seitenbewegung als die gesuchte resultirende Bewegung aller gegebenen n Seitenbewegungen gefunden hat. Man wird also (zufolge 16)) nach und nach erhalten:

$$V_1 = \sqrt{v_1 + v_2 + v_1\, v_2 \cos \alpha_1}$$
$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + v_3 + V_1\, v_3 \cos \alpha_2}$$
$$V_3 = \sqrt{V_2^2 + v_4 + V_2\, v_4 \cos \alpha_3}$$

u. s. w.

$$V_{n-2} = \sqrt{V^2{}_{n-2} + v_n + V_{n-2}\, v_n\, \alpha_{n-2}}$$

Auf einer solchen successiven Vereinigung mehrerer Seitenbewegungen zu einer mittlern beruht der s'Gravesand'sche Apparat, von dem in der Folge die Rede sein wird. Der Beweis von der Richtigkeit des Parallelogramms der Bewegungen aber stützt sich, da dieser, auch Parallelogramm der Geschwindigkeiten genannte, Satz sich auf den Satz von dem Parallelogramm der Kräfte leicht zurückführen läßt, auf den Beweis eben desselben. Die Zurückführung selbst aber geschieht, indem man die, die ursprünglichen Bewegungen erzeugenden, Kräfte zu einer Mittelkraft vereinigt und als Resultat dieser Mittelkraft die hervorgebrachte Bewegung ansieht, deren Richtung in die der Mittelkraft verlegt und deren Geschwindigkeit der der Mittelkraft proportional ist. — Wir wollen also jetzt den Satz von dem Parallelogramm der Kräfte erläutern und zu beweisen suchen. Er enthält die Beantwortung der Frage: In welcher Linie wird sich ein Körper bewegen, auf den zwei Kräfte von verschiedener Stärke wirken. Gesetzt, es wirke auf den Körper in B (s. beistehende Fig.) eine Kraft, die ihn in Einer Secunde in der Richtung von B nach C um das Stück BC fortbewegen würde, wenn sie allein auf ihn wirkte; zugleich wirke aber auch eine Kraft auf den Körper in B, die ihn in der Richtung von B nach E auch in Einer Secunde um das Stück BE fortstoßen würde, wenn sie allein wirkte. Es ist nun klar, daß der Körper von der Richtung BC abweichen werde, und zwar um so mehr, je stärker die andere auf ihn wirkende Kraft sein wird im Vergleich zu derjenigen Kraft, die ihn nach BC treiben würde. Da ihn gar nichts bestimmt als

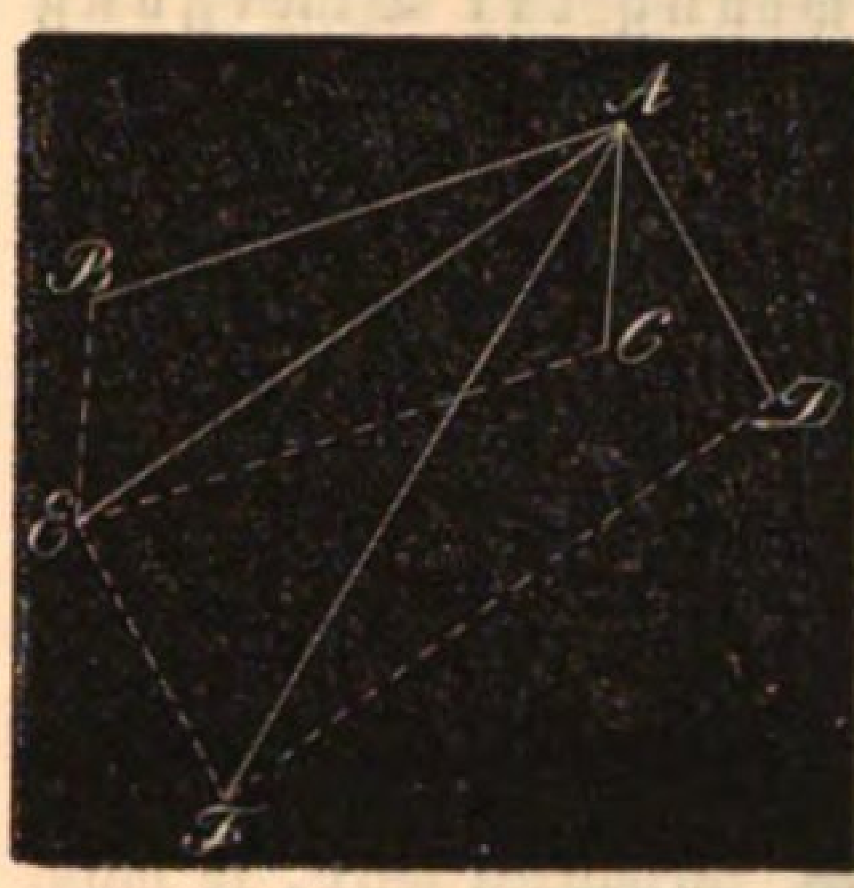


die beiden auf ihn wirkenden Kräfte, so muß er sich in einer Richtung bewegen, deren Abweichung von der Richtung BC sich verhält zu der Abweichung von der Richtung BE wie die Stärke der Kraft, die ihn in Einer Secunde um BE treiben würde, zu der Stärke der Kraft, die ihn in Einer Secunde um BC treiben würde; und da sich bei gleichen Zeiten die Kräfte verhalten wie die zurückgelegten Wege, so muß sich die Abweichung der Richtung des durch beide Kräfte bewegten Körpers von BC verhalten zur Abweichung von BE = BE : BC. Diese Richtung ist die Diagonale AB des Parallelogramms EC, welches entstanden, indem CA parallel BE und AE parallel BC gezogen worden ist. Denn die Größe der Abweichung der Linie BA von der Richtung BC giebt für jeden Punkt derselben die Senkrechte von diesem Punkte nach der Richtung BC, also AF, A'F' u. s. w.; ebenso geben die Senkrechten AD, A'D' u. s. w. die Abweichungen der Richtung AB von der Richtung BE; es ist also nur zu beweisen, daß AD : AF = BC : BE = A'D' : A'F' u. s. w. Es ist aber W. ADE = AFC = R; W. EBC = AED = ACF; also Dr. AFC ∽ Dr. ADE; folglich AD : AF = AE : AC = BC : BE, und da A'F' parallel AF und A'D' parallel AD ist, so verhält sich auch A'D' : A'F' = CB : BE, wo auch A' in der Richtung BA angenommen werden mag. Nennen wir, der Kürze wegen, die nach BC wirkende Kraft k und die nach BE treibende Kraft K; so stoßen sie also bei ihrem gemeinschaftlichen Wirken den Körper in der Richtung BA fort; es fragt sich bloß noch, wie viel Weges in Einer Secunde in dieser Richtung der Körper zurücklegen wird. Denken wir, es wirke erst nur k auf den Körper, so käme er in einer Secunde bis C; wirkte nun, nachdem eine Aufhebung der Wirkung von k erfolgt wäre, K auf den Körper, so ging er in einer zweiten Secunde bis A (denn CA hat dieselbe Richtung, welche BE hat und ist = BE), beim Hintereinanderwirken von k und K käme also in zwei Secunden der Körper bis A, folglich wird er beim Zusammenwirken beider Kräfte in Einer Secunde bis A kommen, indem er sich in der Richtung BA bewegt. Andere Beweise dieses wichtigen Lehrsatzes finden sich in allen guten Lehrbüchern der Statistik, z. B. in Poisson traité méc., Laplace méc. cél., Möbius Statik u. s. w.

Ganz dieselbe Wirkung nun, welche hier die zwei Kräfte K und k gemeinschaftlich auf den Körper in B ausüben, würde eine Kraft K' ausüben, wenn sie von der Art wäre, daß sie den Körper in Einer Secunde in der Richtung BA um das Stück BA fortbewegte. Wirkt aber eine solche Kraft k' den beiden Kräften k und K in der Richtung AB entgegen, so würde durch dieselbe die Wirkung der Kräfte K und k gänzlich aufgehoben, es bliebe also der Körper gänzlich in Ruhe. Man sagt dann: die Kraft k' hält den Kräften K und k das Gleichgewicht. Jede zwei Kräfte kann man sich nach dem Vorigen in eine Kraft zusammengenommen denken, und umgekehrt kann man sich auch jede einzelne Kraft in zwei andere zerlegt denken. Mehr hierüber s. d. Art. Gleichgewicht.

Man hat besondere, Diagonalmaschinen (s. d. Art.) genannte, Vorrichtungen ersonnen, um die Wirkung zweier auf einen Körper wirkenden Kräfte zu versinnlichen.

Doch nicht bloß zwei, sondern auch mehrere Kräfte können auf einen Körper wirken. Stets wird sich eine gerade Linie angeben lassen, in deren Richtung sich der durch den Einfluß sämmtlicher Kräfte bestimmte Körper bewegen wird. Es sollen z. B. drei Kräfte K, K' und K'' auf einen Körper in A (s. nachfolgende Fig.)



wirken, und zwar mit einer Größe jeder einzelnen Kraft, daß K den Körper um AB, K′ um AC und K″ um AD in einer gewissen Zeiteinheit fortbewegen würde. So wissen wir aus dem Vorigen, daß die Kräfte K und K′ gemeinschaftlich wirkend, sich durch eine Kraft K‴ ersetzen lassen, welche den Körper um AE in derselben Zeiteinheit fortbewegen würde. Die Kräfte K‴ und K″ aber lassen sich wiederum ersetzen durch eine Kraft K⁗, welche den Körper um AF fortbewegegen würde, oder was dasselbe ist, wenn die Kräfte K, K′ und K″ auf einen Körper in A gleichzeitig wirken, so bewegen sie ihn um AF fort. Die Kraft K‴ heißt die aus K, K′ und K″ zusammengesetzte Kraft. Es ist nun klar, daß man beim umgekehrten Verfahren auch jede einzelne Kraft in eine beliebige Anzahl von Kräften zerlegen könne. — Die Zusammensetzung mehrerer Kräfte wird durch die s'Gravesand'sche Diagonalmaschine (s. d. Art.) veranschaulicht. — Viele Erfahrungen, die im allgemeinen Leben gemacht werden, lassen sich durch das Parallelogramm der Kräfte nachweisen. Will man z. B. über einen Strom gerade hinweg schwimmen, und man arbeitet deshalb mit seinem Körper ganz in der Richtung nach dem gerade entgegengesetzten Punkte am jenseitigen Ufer zu, so wird man dennoch ein großes Stück unterhalb dieses Punktes an das jenseitige Ufer gelangen, weil man nothwendig die Diagonale der Richtung, welche man sich selbst giebt, und der Richtung der Strömung schwimmen mußte. So wird auch ein Schiff, in dessen Segel der Wind in einer Richtung bläst, die mit der des Stromes, auf welchem das Schiff fährt, einen gewissen Winkel macht, weder in der Richtung des Stromes noch in der Richtung des Windes, sondern in der Richtung der Diagonale des, aus den beiden erstern construirten, Parallelogramms sich fortbewegen.

Daß übrigens der Satz vom Parallelogramm der Kräfte, welches offenbar auch zur Zerlegung der Kräfte dient, sich leicht auf eine beliebige Anzahl auf einen Punkt wirkender, nicht in einerlei Ebene liegender Kräfte ausdehnen läßt, ist, weil sich durch zwei Punkte immer eine Ebene legen läßt, leicht einzusehen. Ebenso auch, daß der Satz vom Parallelogramm der Bewegung oder Geschwindigkeit dienen könne, eine Bewegung nach bestimmter Richtung in zwei andere Bewegungen nach verlangten Richtungen zu zerlegen, d. h. zu einer gegebenen resultirenden Bewegung die Componenten nach vorgeschriebenen Richtungen zu bestimmen.

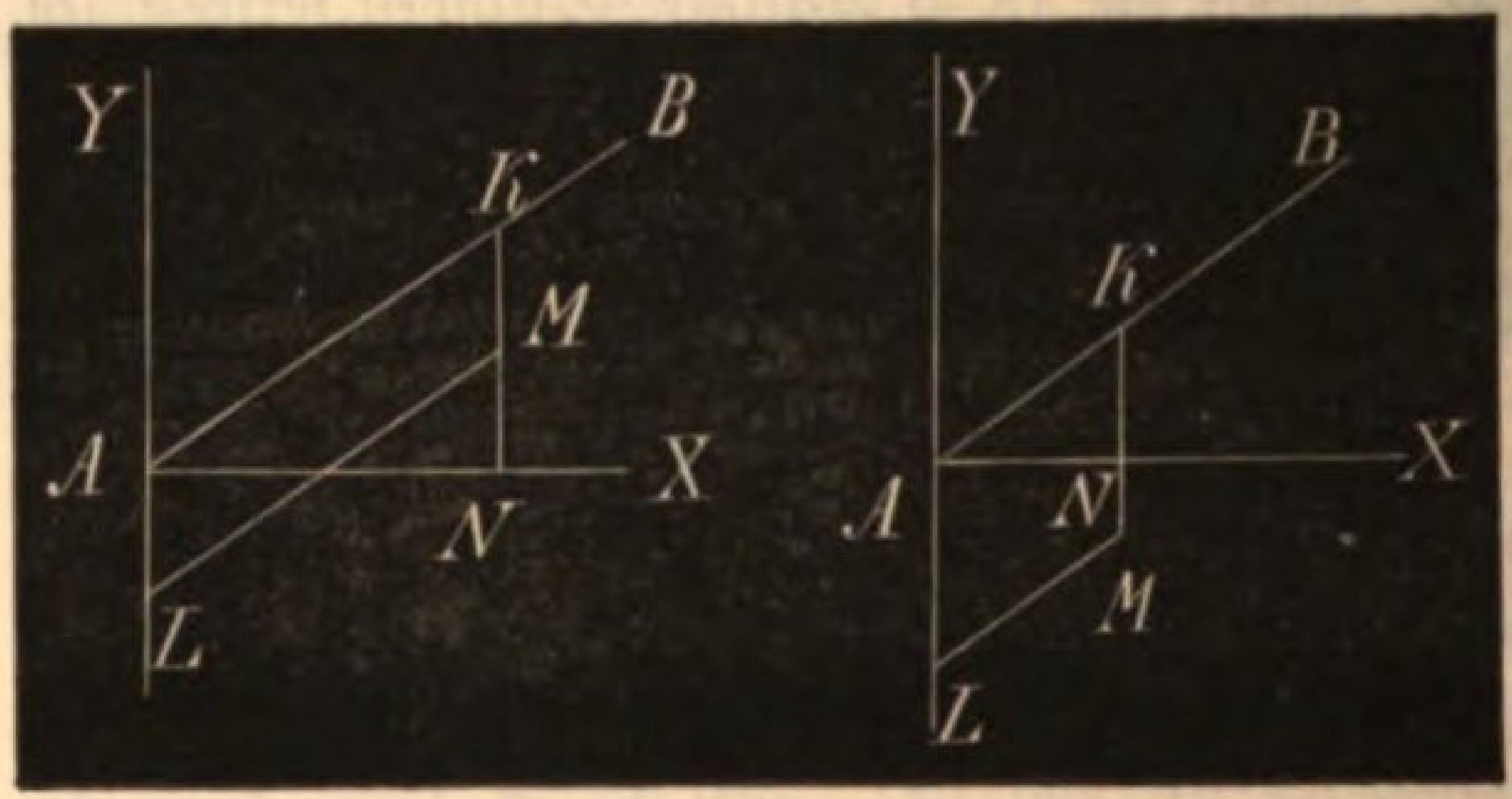
Die Geschwindigkeit V und der Weg S nach t Secunden für einen Punkt, dem zwei gleichförmig beschleunigende Bewegungen durch die Beschleunigungen G und G_1 nach zwei verschiedenen, den Winkel α unter sich bildenden, Richtungen mitgetheilt werden, sind mit Rücksichtnahme früherer Sätze:

$$17)\ \begin{cases} V = t\sqrt{G^2 + G_1^2 + 2\,G G_1 \cos\alpha} \\ S = \frac{1}{2} t^2 \sqrt{G^2 + G_1^2 + 2\,G G_1 \cos\alpha} \end{cases}$$

d. h. zwei gleichförmig beschleunigte Bewegungen, welche ein Punkt nach verschiedenen Richtungen zu erhält, vereinigen sich so, daß eine mittlere gleichförmig beschleunigte Bewegung entsteht, für welche die Diagonale des Parallelogramms aus den

ursprünglichen Beschleunigungen die Richtung der Bewegung und die Beschleunigung angiebt.

F) Gleichförmige Bewegung nach einer bestimmten Richtung und gleichförmig beschleunigte Bewegung nach einer andern Richtung.



Wenn von einer momentan wirkenden Kraft ein schwerer Punkt A nach der Richtung AB mit der Anfangsgeschwindigkeit v geworfen wird, so muß, wenn diese Kraft allein auf A wirkte, zufolge der gleichförmigen Bewegung der Punkt A sich am Ende der Zeit t in K befinden, also AK = vt. Weil jedoch gleichzeitig die Schwere auf A wirkt, so würde diese, wenn sie allein wirkte, den Punkt A während der Zeit t von A an durch die auf der Horizontalen AX senkrechten, Gerade AL = gt^2 (2 g wie früher das Maß der beschleunigenden Kraft) treiben. Es fragt sich nun also, welche Bahn der Punkt A beschreiben wird, sobald die momentane Kraft und die Schwere gleichzeitig auf A einwirken. Es sei demnach AL unbeweglich und der schwere Punkt A bewege sich durch den freien Fall in der Zeit von A bis L. Während dieses Falles werde zugleich AL, sich selbst stets parallel, an AB so hin gleichförmig fortgeführt, daß AL am Ende der Zeit t in die der AL parallele Lage KM kommt. Dann aber ergiebt sich sehr leicht, daß der Punkt A am Ende der Zeit t in M sich befinden muß, welcher Punkt M, sobald durch K mit AL und durch L mit AB eine Parallele gezogen wird, sich als Durchschnittspunkt ergiebt. Um nun die Lage von M analytisch zu bestimmen, sei AX der positive Theil der Axe der x, AY (senkrecht auf AX) der positive Theil der Axe der y, so ist, wenn N der Durchschnittspunkt der nöthigenfalls verlängerten Geraden KM mit AX und KN die Senkrechte auf AX ist, offenbar allgemein x = AK. cos XAB, y = AK sin XAB — AL. Setzt man hier den Winkel XAB = α und nimmt an, daß α kleiner als 90° bleibe, so ist dann nach dem Obigen

$$x = vt \, . \cos \alpha, \; y = vt. \sin \alpha - gt^2.$$

Aus der erstern dieser Gleichungen ergiebt sich $t = \frac{x}{v \cos \alpha}$, und, wenn dieser Werth in die zweite Gleichung gesetzt wird:

$$18) \; y = x \text{ tang } \alpha - \frac{g\, x^2}{v^2 \cos \alpha^2},$$

welche Gleichung ganz allgemein die Relation zwischen den Coordinaten irgend eines Punktes derjenigen Linie ausdrückt, die ein nach einer bestimmten Richtung getriebener oder geworfener schwerer Punkt beschreibt oder durchläuft. Die durchlaufene Linie heißt die **Wurflinie** oder **Trajectorie** des geworfenen Punktes, und die Gleichung 18) die **Gleichung der Wurflinie**, der Winkel α aber der **Elevationswinkel**. Verschwindet y, d. h. ist x die Abscisse des Durch-

schnittspunktes der Wurflinie mit der Horizontalen AX, so erhält man aus 18), daselbst $y = o$ und $x = W$ setzend, den Ausdruck

$$W = \frac{v^2 \sin \alpha \cos \alpha}{2 g},$$

oder auch

$$19) \; W = \frac{v^2 \sin 2 \alpha}{2 g},$$

d. h. die Gleichung für die Wurfweite W. Dagegen wird die Höhe H des Wurfes, d. h. der größte Werth, den y überhaupt erreichen kann, nach bekannten Sätzen der Lehre vom Größten und Kleinsten durch die Gleichung

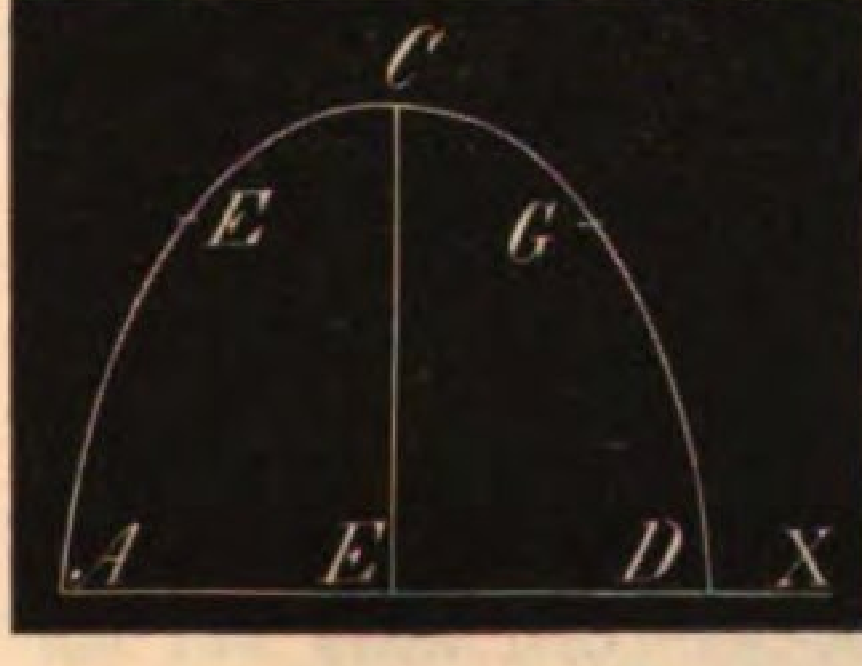
$$20) \; H = \frac{v^2 \sin \alpha^2}{4 g}$$

bestimmt. Aus 19) ergiebt sich für $\alpha = 45^0$ offenbar der größte Werth von $W = \frac{v^2}{2 g}$, jedoch stets unter Voraussetzung derselben Geschwindigkeit. Auch zeigt die Gleichung 19), daß den beiden Elevationswinkeln von der Form $\alpha = 45^0 + \delta$ und $\alpha = 45^0 - \delta$ gleiche Wurfweiten

$$W = \frac{v^2 \sin (90^0 + 2 \delta)}{2 g} = \frac{v^2 \sin (90^0 - 2 \delta)}{2 g}$$

$$\text{d. h. } W = \frac{v^2 \cos 2 \delta}{2 g}$$

entsprechen. Ferner zeigt die Gleichung 20), daß für $\alpha = 90^0$ die größte Wurfhöhe $H = \frac{v^2}{4 g}$ stattfindet, jedoch stets unter der Voraussetzung derselben Geschwindigkeit. Uebrigens wird durch die obige Gleichung $t = \frac{x}{v \cos \alpha}$ die Zeit t bestimmt, welche der Punkt A braucht, denjenigen Ort seiner Bahn zu erreichen, dessen Abscisse x ist. Die Zeit T, welche der geworfene Punkt A braucht, den höchsten Punkt $\left(\text{dessen Abscisse } X = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{4 g}\right)$ seiner Bahn zu erreichen, ist $T = \frac{v \sin \alpha}{2 g}$, die Zeit T_1 des ganzen Wurfes $\left(\text{wo die Abscisse } X_1 = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{2 g}\right)$ dagegen ist $T_1 = \frac{v \sin \alpha}{g} = 2\, T.$



Wenn in nebenstehender Figur die Curve ACD die Wurflinie, E den Mittelpunkt der Wurfweite AD, die auf AX senkrechte Gerade CE die Wurfhöhe bezeichnet; wenn man ferner C als den Anfang der x′, CE als den positiven Theil der Axe der x′, AE als den positiven Theil der Axe der y′ annimmt, so ist ganz allgemein.

$$x = AE - y', \; y = CE - x', \text{ d. h.}$$

$x = {}^1\!/_2\, W - y'$, $y = H - x'$, oder, da nach den Obigen $W = \frac{v^2 \sin 2 \alpha}{2 g}$, $H = \frac{v^2 \sin \alpha^2}{4 g}$ ist, in völliger Allgemeinheit:

$x = \frac{v^2 \sin 2\alpha}{4g} - y'$, $y = \frac{v^2 \sin \alpha^2}{4g} - x'$. Führt man diese Werthe von x und y in die Gleichung 18) ein, so erhält man endlich

$$21)\ y'^2 = \left(\frac{v^2 \cos \alpha^2}{g}\right) x',$$

d. h. die Gleichung der Wurflinie ist eine Parabel mit dem Parameter $\frac{v^2 \cos \alpha^2}{g}$. Dann ist (Fig. S. 821) CE die Axe dieser Parabel und C der Scheitel derselben. Man nennt aber die Gerade CE gewöhnlicher die Culminationshöhe oder Wurfhöhe.

Endlich ergeben sich mittelst der Gleichungen 18) und 21) für v und α folgende Ausdrücke:

$$21^*)\ \begin{cases} v = \frac{x}{\cos \alpha}\sqrt{\frac{g}{x \operatorname{tg} \alpha - y}} = \frac{y'}{\cos \alpha}\sqrt{\frac{g}{x'}} \\ \cos \alpha = x\sqrt{\frac{1/2 - g y \pm \sqrt{1/2 - g y - g^2 x^2}}{x^2 + y^2}} = \frac{y'}{v}\sqrt{\frac{g}{x'}}. \end{cases}$$

Die in diesem Abschnitte F) vorgetragenen Lehren und mitgetheilten Formeln bilden die theoretische Grundlage der Lehre von der Wurfbewegung. Man sehe deshalb den Art. Ballistik.

II. Bewegung ganzer Systeme von unter sich verbundenen materiellen Punkten.

Es lassen sich mehrere Sätze aufstellen, die größtentheils leicht einzusehen sind und nöthigenfalls auch geometrisch bewiesen werden können. 1) Wenn in einer geraden Linie zwei Punkte in Ruhe sind, so ist auch die ganze Linie in Ruhe; ist jedoch in der Linie nur ein Punkt in Ruhe, während alle übrigen Punkte sich bewegen, so ist die Bewegung eine drehende und der in Ruhe sich befindende Punkt heißt dann der Mittelpunkt der Umdrehung. — 2) Eine Ebene ruht, wenn drei nicht in gerader Linie liegende Punkte derselben in Ruhe sind; dagegen kann es in einer Ebene, in der sich ein Punkt bewegt, höchstens nur eine die Bewegung nicht theilende gerade Linie geben, welche man dann die Umdrehungsaxe nennt. — 3) Ein Körper ist bewegungslos, wenn in ihm drei Punkte sich nicht bewegen; sobald aber ein Punkt des Körpers in Bewegung ist, so kann höchstens eine gerade Linie im Körper in Ruhe sein. — 4) Bewegen sich sämmtliche Punkte eines Körpers, so läßt sich dieser in irgend eine Lage, die er dabei annimmt, auch dadurch bringen, daß man einer in ihm befindlichen Geraden eine progressive Bewegung von bestimmter Länge und am Ende derselben eine rotatorische Bewegung um diese gerade Linie von bestimmter Ausdehnung giebt. — Wir wollen nun zuerst von dem

A) Maß der Kräfte

sprechen. Für zwei Körper mit den Massen M und M_1, welche durch die momentan wirkenden Kräfte P und P_1 gleiche Geschwindigkeit erhalten, findet das Verhältniß

$$22)\ P : P_1 = M : M_1$$

statt, d. h. Kräfte verhalten sich wie die Massen, wenn jene diesen gleiche Geschwindigkeit mittheilen. Setzt man jetzt, eine dritte Kraft P_2 sei fähig, der Masse M die Geschwindigkeit v_1 zu ertheilen, und bedenkt man, daß bei gleichen Massen die Kräfte sich wie die Geschwindigkeiten verhalten müssen, so erhält man

$$P : P_2 = v : v_1$$
$$P_2 : P_1 = M : M_1$$

und hieraus offenbar die sehr wichtige Proportion:

$$23)\ P : P_1 = Mv : M_1 v_1,$$

welche besagt, daß die momentan wirkenden Kräfte sich zu einander wie die Producte aus den bewegten Massen mit ihren Geschwindigkeiten verhalten. Es werde jetzt die Stärke oder Intensität derjenigen momentan wirkenden Kraft, z. B. P_1, die der Einheit der Masse eine der Längenmaßeinheit gleiche Geschwindigkeit zu geben im Stande ist, als die Einheit zum Messen dieser Kräfte angenommen, also $P_1 = 1$, $M_1 = 1$, $v_1 = 1$, so erhält man nach Substitution dieser Werthe in die Proportion 23) die Proportion $P : 1 = Mv : 1$ und hieraus die Gleichung

$$24)\ P = Mv;$$

d. h. die Intensität der momentan wirkenden, der Masse M die Geschwindigkeit v mittheilende, Kraft wird durch das Product der Masse in die Geschwindigkeit gemessen. Dieses Product nennt man gewöhnlich die Quantität oder Größe der Bewegung, von der man also auch sagen kann, daß sie im directen Verhältnisse der Masse und Geschwindigkeit stehe. Setzt man dagegen in der Gleichung 23) $P_1 = P$, so muß dann auch $M_1 v_1 = M v$ sein, woraus die Proportion folgt:

$$24^*)\ M : M_1 = v_1 : v,$$

d. h. wenn die Massen M, M_1 von zwei gleichen momentan wirkenden Kräften resp. mit den Geschwindigkeiten v, v_1 gleichförmig bewegt werden, so verhalten sich die Massen stets umgekehrt wie die Geschwindigkeiten. (In mehrern Lehrbüchern der Mechanik und Statik pflegt man den jetzt vorgetragenen Sätzen gewöhnlich noch „d'Alembert's allgemeines Princip der Mechanik", das aus drei Hauptsätzen besteht, beizufügen. Aber dieses Princip gehört seinem Wesen nach in die Statik; deshalb ist die Darstellung desselben in den Art. Gleichgewicht aufgenommen, auf den wir daher hier verweisen müssen.) Ganz ähnlich der Proportion in 22) kann man, wenn die constant wirkenden Kräfte P, P_1 die resp. Beschleunigungen G, G_1 erzeugen, annehmen:

$$P : P_1 = G : G_1,$$

d. h. constant wirkende, gleichen Massen verschiedene Beschleunigungen mittheilende, Kräfte verhalten sich zu einander, wie diese Beschleunigungen selbst. Es werde nun eine dritte Kraft P_2 angenommen, die der Masse M die Beschleunigung G_1 ertheilt, so ist offenbar:

$$P : P_2 = G : G_1$$
$$P_2 : P_1 = M : M_1$$

und hieraus folgt dann leicht die wichtige Proportion

$$25)\ P : P_1 = MG : M_1 G_1,$$

d. h. die beiden Verhältnisse constant wirkender Kräfte und der Producte aus den bewegten Massen mit den von ihnen erzeugten Beschleunigungen sind gleich. Da ferner, dem Frühern zufolge $G = \frac{v}{t}$, $G_1 = \frac{v_1}{t_1}$ und $G = \frac{2s}{t^2}$, $G_1 = \frac{2s_1}{t^2_1}$ ist, so kommen nach Substitution dieser Werthe in die Proportion 25) die beiden neuen wichtigen Proportionen

$$26) \begin{cases} P : P_1 = Mv : M_1 v_1 \text{ (wie in 23))} \\ P : P_1 = Ms : M_1 s_1 \end{cases}$$

welche besagen, daß sich constant wirkende Kräfte wie die Producte der bewegten Massen in die in gleichen Zeiten erlangten Geschwindigkeiten verhalten und daß sich constant wirkende Kräfte verhalten wie die Producte der bewegten Massen in die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege. Diese beiden Sätze kennt man unter dem Namen des Cartesianischen Kräftemaßes. Dagegen giebt die Substitution der Werthe von $G = \frac{v^2}{2s}$ und $G_1 = \frac{v_1^2}{2s_1}$ in die Proportionen 25) das Leibnitz'sche Kräftemaß

$$27)\ P : P_1 = Mv^2 : M_1 v_1^2,$$

nämlich die constanten Kräfte verhalten sich wie die Producte der bewegten Massen in die Quadrate der nach Zurücklegung gleicher Wege erlangten Geschwindigkeiten. Sei nun in 25) P_1 die Einheit, welche Kraft der Masse $M_1 = 1$ die Beschleunigung $G_1 = 1$ mitzutheilen vermag, so erhält man aus 25)

$$P : 1 = MG : 1,$$

also für jede andere constant wirkende Kraft P die Gleichung

$$28)\ P = MG,$$

mithin auch $G = \frac{P}{M}$ und folglich

$$29)\ G : G_1 = \frac{P}{M} : \frac{P_1}{M_1}$$

wo $\frac{P}{M}$, $\frac{P_1}{M_1}$ gewöhnlich die beschleunigenden Kräfte genannt werden, P und P_1 dagegen die bewegenden Kräfte. Statt der Proportion 29) läßt sich auch die Proportion

$$30)\ G : G_1 = \frac{P}{Q} : \frac{P_1}{Q_1}$$

setzen, wo Q, Q_1 die Gewichte der Körper bezeichnen, weil dieselben bekanntlich unter gleichen Umständen ihren Massen proportional sind. Die aus 30) sich ergebende Gleichung $G . \frac{P_1}{Q_1} = G_1 . \frac{P}{Q}$ dient zur Vergleichung der, durch constante Kräfte den Körpern von bestimmten Gewichten ertheilten, Beschleunigungen. Für die Wirkung der Schwer- oder Anziehungskraft der Erde sei $G_1 = g$, so kommt, da in diesem Falle $\frac{P_1}{Q} = 1$ wird, offenbar GQ : gP, d. i. $G = g\frac{P}{Q}$ oder mit

Worten: **die constant wirkende Kraft P ertheilt einem das Gewicht Q besitzenden Körper eine Beschleunigung G, welche gleich ist der Beschleunigung der Schwerkraft multiplicirt mit dem Quotienten des Gewichts in die Kraft.** Es lassen sich übrigens aus der letzten Gleichung $G = g \cdot \frac{P}{Q}$ noch sehr viele andere, specielle Folgerungen ziehen, die hier anzuführen jedoch der Raum fehlt.

B. Gleichförmige und ungleichförmige Bewegung schwerer Körper.

α) **Gleichförmige Bewegung schwerer Körper ohne Berücksichtigung der Reibung und des Widerstandes.**

Da nach 24) $P = Mv$ und überdies, wie man leicht einsehen wird, $P = Qv$ ist (weil statt der bewegten Masse M auch deren Gewicht Q gesetzt werden kann); so ist, da nach 3) $s = vt$, auch

$$31) \quad s = \frac{P}{Q} \cdot t,$$

welche Gleichung als die Fundamentalgleichung für die gleichförmige Bewegung eines Körpers mit dem Gewichte Q, auf den die momentan wirkende Kraft P einwirkt, angesehen wird. In 31) wird P durch eine Längen- und Q durch eine Gewichtseinheit bestimmt, und bekommt also den Doppelnamen Fußpfund, Meterkilogramm ꝛc.

β) **Gleichförmig beschleunigte Bewegung schwerer Körper ohne Berücksichtigung der Reibung und des Widerstandes.** Hat ein Körper vom Gewichte Q bereits die Anfangsgeschwindigkeit c, und wirkt die constante Kraft P auf Q in derselben oder in entgegengesetzter Richtung, so wird man, mit Hülfe der frühern hierher gehörigen Gleichungen, die folgenden allgemeinen Ausdrücke

$$32) \begin{cases} v = c \pm g \frac{P}{Q} \cdot t \\ s = ct \pm \frac{1}{2} g \frac{P}{Q} \cdot t^2 = \frac{c^2 - v^2}{2g} \cdot \frac{Q}{P} \\ s = \frac{v + c}{2} \cdot t = vt \mp \frac{1}{2} G \cdot \frac{P}{Q} \cdot t^2 \end{cases}$$

und aus diesen die für den Fall, wo $c = o$ ist, giltigen besondern Formeln

$$33) \begin{cases} v = \pm g \frac{P}{Q} \cdot t \\ s = \pm \frac{1}{2} g \frac{P}{Q} \cdot t^2 = -\frac{v^2}{2g} \cdot \frac{Q}{P} \\ s = \frac{v}{2} \cdot t = vt \mp \frac{1}{2} G \cdot \frac{P}{Q} \cdot t^2 \end{cases}$$

leicht erhalten.

γ) **Ungleichförmig veränderte Bewegung schwerer Körper ohne Berücksichtigung der Reibung und des Widerstandes.** Wirkt bei einer ungleichförmig veränderten Bewegung die veränderliche Kraft P

auf einen das Gewicht Q besitzenden Körper, so muß die Beschleunigung der Kraft gleich der Größe g multiplicirt mit dem Quotienten $\frac{P}{Q}$ angenommen werden.

C. Gleichförmige Bewegung und Schwungkraft (Centrifugalkraft) im Kreise.

Es sei in einen Kreis vom Halbmesser r ein regelmäßiges n seitiges Polygon beschrieben, und es bewege sich auf dessen Umfange ein Punkt stets so, daß er jede Seite s dieses Polygons in der Zeit t gleichförmig durchlaufe, so muß in jeder Ecke des Vielecks auf den sich bewegenden Punkt eine nach dem Centrum des Kreises gerichtete Kraft von solcher Stärke wirken, daß sie, allein auf den sich bewegenden Punkt wirkend gedacht, diesen letztern in der Zeit t den durch $\frac{s^2}{r}$ dargestellten Weg beschreiben lassen würde. Denkt man sich nun die erwähnte Kraft am Anfange eines jeden der t gleichen Zeitintervalle als eine gleichförmig beschleunigende Kraft nach derselben Richtung hin auf den Punkt wirkend, so legt dieser in der Zeit nt, d. h. in der Zeit des Umlaufs des Punktes auf dem Umfange u des Polygons, den Weg

$$\frac{s^2}{r} + 2\frac{s^2}{r} + 3\frac{s^2}{r} + \ldots + (n-1)\frac{s^2}{r} + n\frac{s^2}{r},$$

d. h. den Weg $\frac{n(n+1)}{2} \cdot \frac{s^2}{r}$ zurück. Aber $s = \frac{u}{n}$, und also jener Weg $= \frac{n(n+1)}{2} \cdot \frac{u^2}{n^2 r}$ oder auch $= \left(1 + \frac{1}{n}\right)\frac{u^2}{2r}$. Wird jetzt n unendlich groß angenommen und geht also u in den Umfang u des Kreises über, so erhält man den Weg $\frac{p^2}{2r}$. Es ergiebt sich sonach das sehr wichtige Resultat: **Wenn ein Punkt sich auf der Peripherie p eines Kreises vom Halbmesser r gleichförmig bewegt und wenn T die Zeit eines ganzen Umlaufes auf p ausdrückt, so muß in jedem Punkte von p auf den sich bewegenden Punkt eine nach dem Kreis-Mittelpunkte gerichtete Kraft von solcher Stärke wirken, daß sie, als eine stets gleichförmig beschleunigende Kraft nach einer gewissen Richtung hin auf einen Punkt wirkend, diesen letztern in der Zeit T den Weg $\frac{p^2}{2r}$ beschreiben lassen würde.** — Sei jetzt γ der auf diese Weise von dem Punkte in der Zeiteinheit durchlaufene Weg, so hat man nach dem Vorhergehenden und nach den weiter oben angegebenen Sätzen von der gleichförmig beschleunigten Bewegung $\gamma F^2 = \frac{p^2}{2r}$, mithin $\gamma = \frac{p^2}{2r T^2}$, d. h. weil $p = 2r\pi$, $\gamma = \frac{2r\pi^2}{T^2}$. Sei ferner v die Geschwindigkeit des sich auf p gleichförmig bewegenden Punktes, so hat man $p = vT$, also nach dem Vorigen auch $\gamma = \frac{v^2}{2r}$, und wenn endlich durch F die mehr erwähnte Stärke oder Intensität bezeichnet wird, nach der Lehre von der gleichförmig beschleunigten Bewegung $F = 2\gamma$, folglich nach dem Vorhergehenden auch

$$33^*)\ F = \frac{p^2}{r\,T^2},\ F = \frac{4\,r\,\pi^2}{T^2},\ F = \frac{v^2}{r},$$

in welchen Ausdrücken eine gleichförmige, in der ersten Zeiteinheit eine der angenommenen Längeneinheit gleiche Geschwindigkeit erzeugende, Kraft die Krafteinheit ist. Die Größe F nun heißt die Flieh- oder Schwungkraft im Kreise oder auch die Centrifugalkraft, weil sie die Größe des Bestrebens angiebt, mit welchem sich ein auf der Peripherie eines Kreises sich gleichförmig bewegender Punkt in jedem Punkte seiner Bahn nach der verlängerten Richtung des nach diesem Punkte gezogenen Radius von dem Kreismittelpunkte zu entfernen sucht. Wir wollen jedoch den Begriff von der Centrifugalkraft noch auf eine andere Weise deutlich zu machen suchen. Wenn auf einen Körper, der auf einer krummen Fläche bleiben muß, beschleunigende Kräfte wirken, so wird der Körper einen Druck gegen diese Fläche in der Richtung der Normale ausüben, mithin einen Druck, welcher von den Kräften abhängt. Bewegt sich jedoch der Körper, so findet dann noch ein anderer Druck, gleichfalls in der Richtung der Normale, statt, welcher von der Geschwindigkeit der Bewegung abhängig ist. Dieser andere Druck nun ist das, was man die Centrifugalkraft nennt. Es sei z. B. eine Hohlkugel gegeben, in welcher eine kleine Kugel liegt, die, wenn sie in Ruhe ist, den untersten Punkt der innern größern Kugelfläche einnimmt, also gegen diese einen dem Gewichte derselben proportionalen Druck ausüben wird. Bewegt man nun die Hohlkugel, so wird die in ihr liegende kleine Kugel sich pendelartig hin und her bewegen und kommt sie in dem untersten Punkte an, in welchem sie vorher in Ruhe gewesen, so wird sie hier nicht allein mehr jenen von der Schwere entstehenden Druck, sondern auch noch einen andern (die Centrifugalkraft) ausüben, die von der Geschwindigkeit abhängt, welche in diesem Punkte am größten ist. Wir kehren nun zu unserm Gegenstande zurück. Für einen andern Kreis vom Radius r_1 wird man nach 33*) haben:

$$F_1 = \frac{p_1^2}{r_1\,T_1^2},\ F_1 = \frac{4 r_1\,\pi^2}{T_1^2},\ F_1 = \frac{v_1^2}{r_1};$$

$$\text{mithin } F : F_1 = \frac{r}{T^2} : \frac{r_1}{T_1^2} = \frac{v^2}{r} : \frac{v_1^2}{r_1}.$$

Aus diesen Proportionen ergiebt sich ohne Weiteres

$$34)\ \begin{cases} \text{für } r_1 = r \ \ldots .\ F : F_1 = T_1^2 : T^2 = v^2 : v_1^2 \\ \text{für } v_1 = v \ \ldots .\ F : F_1 = r_1 : r \\ \text{für } T_1 = T \ \ldots .\ F : F_1 = r : r_1 \end{cases}$$

d. h. mit Worten: 1) In gleichen Kreisen verhalten sich die Fliehkräfte umgekehrt wie die Quadrate der Umlaufszeiten und gerade wie die Quadrate der Geschwindigkeiten; 2) bei gleichen Geschindigkeiten verhalten sich die Schwungkräfte umgekehrt wie die Kreishalbmesser und 3) bei gleichen Umlaufszeiten verhalten sich die Fliehkräfte wie die Kreishalbmesser. Von diesen besondern Sätzen kann man leicht zu dem allgemeinen Schlusse gelangen, daß für irgend eine Curve die Centrifugalkraft dem Quadrate der Geschwindigkeit dividirt durch den Krümmungshalbmesser der Curve gleich ist (Poisson, traité de dynamiqne, §§. 249, 255).

Dies ist die ganze Theorie der Schwungkraft im Kreise, in welcher viele oft ganz alltägliche Erscheinungen ihre Erklärung finden. So spannt ein an einen

Faden gebundener und mittelst desselben um die Hand geschwungener schwerer Körper den Faden. Schleifsteine zerspringen oft in Folge der zu starken Fliehkraft. Wenn man einen Reifen zwar gleichmäßig, aber mit großer Schnelligkeit im Kreise schwingt, und in diesem Reifen steht ein mit Wasser angefülltes Glas, so bleibt nicht nur letzteres während des Umschwingens des Reifens in diesem stehen, sondern es wird auch nichts von der Flüssigkeit verschüttet. Eier in einem Korbe fliegen nicht aus demselben heraus, sobald man den Korb an seinem Henkel rasch umschwingt.

Die Theorie der Schwungkraft im Kreise läßt sich nun auf die um eine Axe bewegende, aber für jetzt nur als genau kugelförmig angenommene Erde anwenden. Sei C der Mittelpunkt der Erde, r deren Halbmesser, M ein Punkt auf der Erdoberfläche in der geographischen Breite φ und $\mathfrak{S}$ die Schwere, als eine Kraft betrachtet, die alle Körper auf der Erdoberfläche nach dem Erdmittelpunkte hinzieht. Die Fliehkraft Φ läßt sich, wenn man den Radius CM über M hinaus verlängert und die Tangente des durch M gehenden Erdmeridians ziehet, in die in M wirkenden Seitenkräfte $\Phi \cos \varphi$ und $\Phi \sin \varphi$ zerlegen; folglich können $\mathfrak{S}$ und Φ offenbar auf die Kräfte $\mathfrak{S} - \Phi \cos \varphi$ und $\Phi \sin \varphi$ reducirt werden, von welchen die erste von M nach C hin, die andere nach der Tangente des durch M gehenden Meridians in dem Punkte M wirkt. Dann ist aber offenbar die Resultirende dieser beiden Kräfte die in M wirkende Schwere, wie sie sich auf der Erde den Beobachtungen zufolge zeigt; sie möge durch Σ bezeichnet werden, durch w aber der von ihrer Richtung und von CM eingeschlossene spitze Winkel. Es ist dann

$$35) \begin{cases} \Sigma = \sqrt{\mathfrak{S}^2 - 2\,\mathfrak{S}\,\Phi \cos \varphi + \Phi^2} \\ \tang w = \dfrac{\Phi \sin \varphi}{\mathfrak{S} - \Phi \cos \varphi}. \end{cases}$$

Wenn nun F, S, ϱ resp. die Fliehkraft und die Schwere unter dem Aequator, sowie den Halbmesser des Parallelkreises von M bezeichnen, so erhält man erstlich nach dem Obigen $F : \Phi = r : \varrho$, und weil $\varrho = r \cos \varphi$, auch $F : \Phi = 1 : \cos \varphi$, d. h. $\Phi = F \cos \varphi$, und zweitens nach Substitution dieses Werthes von Φ in die Gleichungen 35) die beiden Ausdrücke:

$$36) \begin{cases} \Sigma = \sqrt{\mathfrak{S}^2 - (2\,\mathfrak{S} - F)\, F \cos \varphi^2} \\ \tang w = \dfrac{F \sin 2\varphi}{2\,(\mathfrak{S} - F \cos \varphi^2)} \end{cases}$$

aus denen für $\varphi = 0$ die Gleichungen

$$\Sigma = \sqrt{\mathfrak{S}^2 - 2\,\mathfrak{S}.\,F + F^2}, \text{ d. h. } \Sigma = \mathfrak{S} - F$$
$$\tang w = 0$$

folgen. Aus diesen Gleichungen ergiebt sich übrigens sehr leicht, daß der Werth von Σ gleichzeitig mit der geographischen Breite wachsen, d. h. vom Aequator nach jedem der beiden Pole zu fortwährend zunehmen muß. — Ist nun T die Rotationszeit der Erde, so hat man nach der zweiten der Gleichungen 33) $F = \frac{4\,r\,\pi^2}{T^2}$, also auch $F = \frac{4\,r\,\pi^2}{ST^2} \cdot S$, und daher nach der obigen Gleichung $\Sigma = \mathfrak{S} - F$ endlich $S = \mathfrak{S} - \frac{4\,r\,\pi^2}{ST^2} \cdot S$ und hieraus $\mathfrak{S} = \left(1 + \frac{4\,r\,\pi^2}{ST^2}\right) S$,

daher auch $\frac{F'}{\mathfrak{S}} = \frac{4 r \pi^2}{ST^2} : 1 + \frac{4 r \pi^2}{ST^2}$ oder $F = \frac{4 r \pi^2}{ST^2} . \mathfrak{S} : 1 + \frac{4 r \pi^2}{ST^2}$. Nimmt man hier $r = 6376466$ Meter, $S = 9{,}77942$ (aus Pendelversuchen abgeleitet) an, so erhält man, da $T = 86164$ Secunden ist:

$$F = \frac{1}{289} S = \frac{1}{290} \mathfrak{S},$$

was hinreichend genau ist. Der Winkel w ist immer ein sehr kleiner Winkel, denn nach dem Obigen (36)) erhält man leicht $\tang w = \frac{\frac{F}{\mathfrak{S}} \sin \varphi \cos \varphi}{1 - \frac{F}{\mathfrak{S}} \cos \varphi^2}$ und $\frac{F}{\mathfrak{S}}$ ist nach dem Vorhergehenden ein sehr kleiner Bruch. Man wird nun aber zufolge einiger Transformationen und unter der erlaubten Annahme von $\cos w = 1$ auf den, in der Lehre vom Pendel bekannten, Ausdruck

$$\Sigma = S + F \sin \varphi^2$$

kommen, und, wenn A die Länge des einfachen Secundenpendels unter dem Aequator, L aber dessen Länge unter der Breite φ bezeichnet, alsdann nach der Theorie des einfachen Pendels die Proportion

$$A : L = S : S + F \sin \varphi^2$$

$$\text{oder } A : L = 1 : 1 + \frac{F}{S} \sin \varphi^2$$

setzen können. Hieraus folgt

$$L = A + \left(\frac{A F}{S}\right) \sin \varphi^2.$$

Setzt man der Kürze wegen die beständige Größe $\frac{A F}{S} = B$, so kommt:

$$37) \; L = A + B \sin \varphi^2,$$

d. h. die von dem Aequator an gerechneten Zunahmen der Pendellängen sind den Quadraten der Sinus der respectiven geographischen Breiten proportional (Weitere Ausführungen über diesen wichtigen Gegenstand wird man in dem Art. Pendel (Centrifugalpendel) antreffen). Das in diesem Abschnitte Vorgetragene, mithin die Wirkungen der Schwungkraft, lassen sich durch Versuche mittelst der sogenannten Schwung- oder Centrifugalmaschine (s. d. Art. Schwungmaschine) augenscheinlich nachweisen. Ueberhaupt kommt die Schwungkraft bei allen Körpern in Betracht, welche sich um eine feste Axe bewegen, deren Theile folglich Kreislinien beschreiben, wie z. B. bei den Maschinen vieler Arten, weil deren Bewegungen zum größten Theil Bewegungen um eine feste Rotationsaxe sind; ferner bei den Wirbeln mancher Flüssigkeiten 2c.

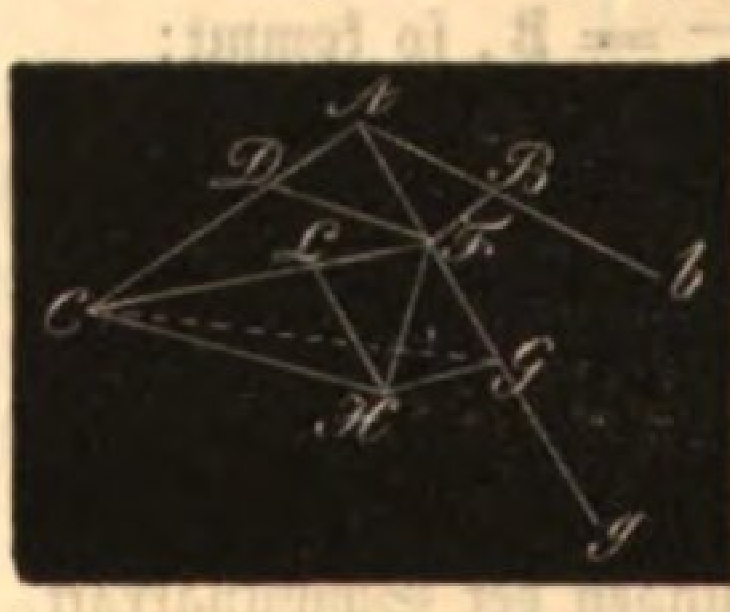
In diesem Abschnitte ist wegen der Kürze und Einfachheit in der Darstellung die Erde als eine vollkommene Kugel angenommen worden, was sie aber bekanntlich in der That nicht ist. Will man daher die Wirkungen der Schwungkraft genauer bestimmen, so muß man diese Bestimmung unter drei Voraussetzungen vornehmen: 1) Die Erde ist ein durch Umdrehung einer Ellipse um deren kleine Axe entstandenes Sphäroid; 2) alle Körper auf der Erdoberfläche werden von einer anziehenden Kraft, der wahren Schwere, nach dem Erdmittelpunkte hingezogen und

3) die Richtungen der Schwere, sowie sich dieselbe auf der Erde den Beobachtungen zeigt, sind Normalen der Erdoberfläche. Die weitere Ausführung dieses Gegenstandes würde aber hier zu vielen Raum erfordern, auch Leser voraussetzen, die mit der Theorie der Kegelschnitte vollkommen vertraut sind; wir verweisen daher unter andern auf Grunerts schon angeführtes Lehrbuch der Physik: Anhang S. 305 bis 311.

D. Centralbewegung und Centralkräfte im Allgemeinen.

Centralbewegung ist die, durch eine einen Körper ununterbrochen nach demselben Punkte (Mittelpunkte) hinziehende Kraft hervorgebrachte Bewegung, während der Körper durch eine momentan wirkende Kraft eine seitwärts gehende Bewegung erhalten hat. Diese Bewegung ist immer eine krummlinige. Beide so auf den Körper wirkende Kräfte heißen Centralkräfte, und zwar heißt die den Körper nach dem Mittelpunkte hinziehende die Centripetalkraft (v. d. lat. centrum, Mittelpunkt und petere erstreben), welche ein eben so großes Bestreben des Körpers, sich in der den Körper mit dem Mittelpunkte der Anziehung verbindenden Geraden zu entfernen, die Flieh- oder Centrifugalkraft aufhebt, die andere Kraft, weil sie den Körper in einer geraden Linie fortzustoßen sucht, welche eine Tangente an die krumme Linie ist, in der er sich wirklich bewegt: Tangentialkraft. Die Verbindungslinie zwischen dem sich bewegenden Körper und dem Mittelpunkte der Anziehung heißt der Leitstrahl oder Radiusvector.

Daß aber durch das Zusammenwirken zweier Kräfte in angegebener Art eine krummlinige Bewegung entsteht, läßt sich zeigen. Gesetzt, auf den Körper in A

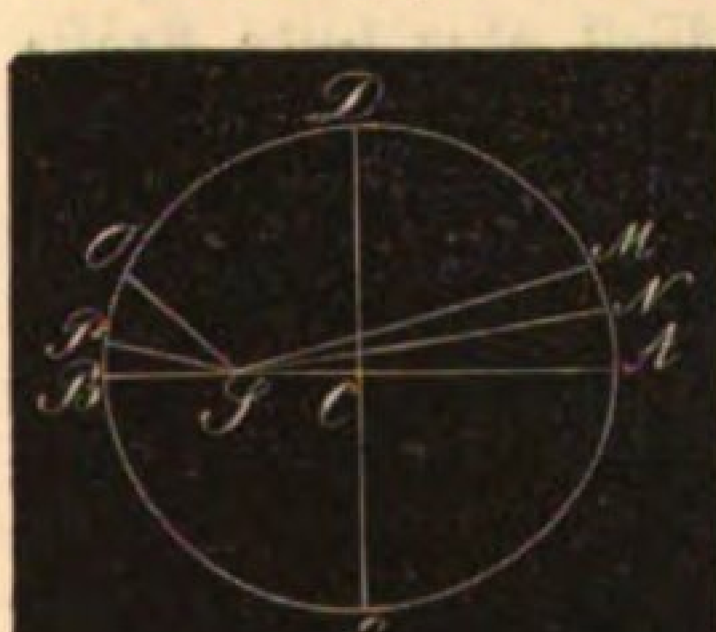


wirke eine Kraft in der Richtung Ab, die ihn in einer Secunde bis B fortbewegen würde, und zugleich ziehe den Körper eine Kraft nach C, die ihn in einer Secunde bis D fortstoßen würde, so bewegt sich (nach dem Satze vom Parallelogramme der Kräfte) der Körper in der Diagonale AF des Parallelogrammes DB bis F. Bewegte sich nun der vorher in A, jetzt in F befindliche Körper von F an mit der ihm in dem Augenblicke, wo er in F ankommt, eigenthümlichen Geschwindigkeit und Richtung fort, also in der Richtung Ag, so legte er in der zweiten Secunde einen Weg FG = AF zurück. Wirkt dagegen auf den Körper in dem Augenblicke, wo er sich in F befindet, noch eine Kraft auf ihn, die ihn, allein wirkend in der Richtung FC bis L fortstoßen würde, so bewegt sich in der zweiten Secunde der Körper von F nicht in der Richtung Fg, auch nicht in der Richtung FL, sondern in der Diagonale FH des Parallelogrammes LG bis H. So finden wir den Weg des bewegten Körpers unter den gemachten Bedingungen als die gebrochene Linie AFH. Die gemachten Bedingungen aber waren, daß 1) eine Kraft den Körper von A aus in der Richtung AB fortstieß, 2) daß alle Secunden eine Kraft den Körper in der Richtung nach C hin zöge. So fanden wir als Weg eine gebrochene Linie. Wirkt nun die zweite Kraft nicht bloß alle Secunden aufs neue auf den Körper, sondern, wie bei der Centralbewegung der Fall ist, ununterbrochen, so ist leicht zu begreifen, daß die einzelnen geradlinigen Stücke der gebrochenen Linie, welche den Weg des Kör-

pers bezeichnet, in diesem Falle *unendlich klein* werden müssen, d. h. daß den Weg des Körpers eine *krumme* Linie darstellt. Die Centralbewegung ist folglich immer krummlinig. In der obenstehenden Figur wurde vorausgesetzt, daß nicht fortwährend, sondern nur von Secunde zu Secunde eine Kraft nach C wirke. Leicht ergiebt sich, daß die Sectoren ACF und CFH, welche von einer Secunde zur andern, also in gleichen Zeiten, durch den bewegten Körper beschrieben werden, gleich sind. Denn man ziehe die Hülfslinie CG; so ist Dr. CFH = Dr. CGF (weil sie gemeinschaftliche Grundlinie CF und gleiche Höhe haben, als gelegen zwischen denselben Parallellinien CF und HG); es ist aber Dr. CGF = Dr. ACF (weil sie gleiche Grundlinien, GF = AF, und gleiche Höhe haben); folglich ist Dr. ACF = Dr. CFH, welches bewiesen werden sollte. Wie klein aber auch die geraden Linien AF und FH werden mögen, die Sectoren, welche in gleichen Zeiten beschrieben werden, müssen immer gleich sein, also auch in dem Falle, wenn diese Linien unendlich klein werden, d. h. wenn die Bewegung eine Centralbewegung wird. So haben wir das wichtige Gesetz: *daß bei der Centralbewegung in gleichen Zeiten gleiche Sectoren beschrieben werden. Bei ungleichen Zeiten verhalten sich die Zeiten wie die Sectoren.*

Dieses ist das eine der von ihrem Erfinder benannten *Kepler'schen Gesetze. Die Bewegung jedes Planeten ist eine Centralbewegung.* Uebrigens zeigen die theoretischen Untersuchungen noch, daß, *wenn die Centripetalkräfte sich umgekehrt verhalten wie die Quadrate der Entfernungen der bewegten Körper vom Mittelpunkte, dann die Quadrate der Umlaufszeiten sich verhalten wie die Würfel der Entfernungen.* Siehe hierüber d. Art. *Planeten.*

Aus dem Satze, daß bei der Centralbewegung die Sectoren sich immer verhalten, wie die Zeiten, in denen sie von dem bewegten Körper beschrieben werden, läßt sich die Art der Bewegung, ob sie nämlich fortwährend von derselben Geschwindigkeit, oder bald beschleunigt, bald verzögert sei, für die verschiedenartigen krummen Linien, in denen ein Körper sich bewegen kann, bestimmen. Bewegt sich ein Körper in einem Kreise, auf dessen Mittelpunkt zu die Centripetalkraft wirkt, so wird die Bewegung des Körpers eine durchaus gleichmäßige sein. Denn da zu gleichen Sectoren immer gleiche Bogen gehören, in gleichen Zeiten aber gleiche Sectoren zurückgelegt werden, so müssen in gleichen Zeiten auch immer gleiche Bogen der Bahn von dem bewegten Körper beschrieben werden. Anders ist es, wenn der Körper sich in einer Ellipse bewegt, nach deren Brennpunkt zu die Centripetalkraft wirkt. Nebenstehende Fig. stellt eine Ellipse ADBE dar, S ist der Brennpunkt und der Punkt, nach welchem hin die Centripetalkraft wirkt. Der Körper bewege sich in P mit einer Geschwindigkeit, daß er in einer bestimmten Zeit z. B. in einer Secunde den Bogen PO zurücklegt; ist er später in M angelangt, so muß er sich dort mit einer Geschwindigkeit bewegen, daß er in der nämlichen Zeit, also nach der Annahme in einer Secunde, einen Sector MSN beschreibt, welcher gleich OSP ist.



Wenn aber MSN = OSP sein soll, so muß der Bogen MN, welchen von M aus der bewegte Körper in der angenommenen Zeit zurücklegt, viel kleiner als OP sein,

weil auf der Seite von A in der Ellipse die Sectoren viel länger werden, als auf der Seite von B; d. h. der Körper wird sich auf der Seite von A viel langsamer bewegen als auf der Seite von B. Die Betrachtung der Figur lehrt, daß die Geschwindigkeit des Körpers in B am größten sein wird, von da abnehmen wird, bis sie bei A am langsamsten geworden, nun aber wieder immer mehr zunimmt, bis sie bei B wieder am größten geworden ist. Je mehr sich also ein Körper in der Centralbewegung dem Centrum (Mittelpunkte, Punkt, nach dem hin die Centripetalkraft wirkt) nähert, desto schneller bewegt er sich, aber auch desto langsamer, je mehr er sich von demselben entfernt.

Die Theorie zeigt übrigens, daß man dies auch allgemein so ausdrücken könne: Die Geschwindigkeiten an zwei verschiedenen Punkten einer Bahn, welche durch eine Centralbewegung entsteht, verhalten sich umgekehrt, wie die vom Mittelpunkte der Anziehung an die beiden Punkte in der Bahn gezogenen Perpendikel.

Man sieht leicht ein, daß der einfachste Fall für eine Centralbewegung der sein muß, wo die Bahn eine kreisförmige ist, weil nämlich hier die Leitstrahlen für jeden Punkt der Bahn gleich groß, d. h. dem Kreishalbmesser gleich sind. Die Geschwindigkeit an verschiedenen Punkten der Bahn muß folglich auch gleich groß bleiben; die Bewegung ist mithin eine gleichförmige, und weil in gleichen Zeiten gleich große Bogen durchlaufen werden und daher der Körper in diesen Bogen auch jedesmal um gleich viel von seiner tangentialen Richtung zurückgezogen wird, so ist die Größe der Centripetalkraft für jeden Punkt der Bahn ebenfalls gleich groß. Hieraus nun ergiebt sich das wichtige Resultat: Die Centralbewegung im Kreise ist eine gleichförmige und die Centripetalkraft an allen Punkten der Bahn gleich groß.

Noch wird hier der passende Ort sein, mit einigen Worten der Entstehung der Bahnen der Himmelskörper durch ihre anfängliche Geschwindigkeit und der Bestimmung der letztern zu gedenken. Die nach ihrer Entfernung veränderliche Centralkraft der Sonne und die durch einen Stoß entstandene Tangentialkraft führen die Planeten in elliptischen Bahnen um die Sonne. Würde die erstere Kraft allein auf einen Planeten wirken, so würde dieser eine auf die Sonne gerichtete gerade Linie beschreiben. Die an sich constante Tangentialkraft wirkt zwar nach dem Gesetze der Trägheit ohne Aufhören fort, aber sie wird zugleich in ihrer Größe und Richtung verschiedentlich durch die veränderliche Centralkraft modificirt; wirkte also die Tangentialkraft allein auf den Planeten, so würde er in einer geraden von der Sonne abwärts gerichteten Linie fortgehen. Weil aber beide Kräfte stets gleichzeitig auf den Planeten wirken, so muß er, dem Obigen zufolge, eine gekrümmte Bahn und zwar eine Ellipse beschreiben, in deren einem Brennpunkte die Sonne sich befindet. Die Krümmung dieser Ellipse in jedem Augenblicke wird aber offenbar von der Stärke des ersten Stoßes und von der Stärke der Anziehung des Sonnenkörpers abhängen; letztere ist nach dem Obigen wieder abhängig von der Entfernung des Planeten von der Sonne. Sind nun die Wirkungen beider Kräfte in dem Augenblicke, wo der Planet sich zu bewegen anfing, gleich gewesen, so daß seine Entfernung von der Sonne dann sich stets gleich blieb, so mußte eine vollkommen kreisförmige Bahn entstehen. Sobald aber die ursprüngliche Geschwindigkeit nur im geringsten kleiner oder größer ist, als zur Kreisbahn erfordert

wird, so muß auch der Himmelskörper der Tangente seiner Bahn weniger oder mehr folgen, mithin seine Entfernung von der Sonne kleiner oder größer werden. Die entstehende Bahn wird also nicht ein Kreis, sondern eine Ellipse werden, und zwar eine solche, in welcher der Ort des Entstehens des Planeten respective die Sonnenferne oder die Sonnennähe ist. Allein Ellipsen können nicht immer entstehen, weil ein Körper, der von einer umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung wirkenden Kraft gegen einen festen Punkt angezogen wird, nur überhaupt einen Kegelschnitt beschreiben wird. Nun sei zuerst angenommen, der Planet wäre in seinem Perihel entstanden; ferner sei q die, in Theilen der halben großen Axe der Erdbahn ausgedrückte, Entfernung des Perihels vom Sonnen-Mittelpunkte, c die anfängliche Geschwindigkeit des Planeten, deren Richtung offenbar senkrecht auf die große Axe der Bahn gewesen, also c der vom Planeten in der ersten Zeitsecunde zurückgelegte, in geographischen Meilen ausgedrückte Weg. Es findet sich alsdann durch Rechnung, daß der Planet,

$$\left.\begin{array}{ll} \text{wenn } c = 4{,}104013\sqrt{\frac{2}{q}} \text{ ist, eine} & \text{Parabel} \\ \text{„ } c < 4{,}104013\sqrt{\frac{q}{2}} \text{ „ „} & \text{Ellipse} \\ \text{„ } c > 4{,}104013\sqrt{\frac{2}{q}} \text{ „ „} & \text{Hyperbel} \end{array}\right\} \text{beschreiben muß,}$$

dagegen

$$\text{einen Kreis, wenn } c = \frac{4{,}104013}{\sqrt{q}} \text{ ist, und wieder}$$

$$\text{eine Ellipse, wenn } c < \frac{4{,}104013}{\sqrt{q}} \text{ ist, jedoch im letzteren Falle bloß,}$$

wenn der Entstehungsort des Planeten sein Aphelium gewesen ist. Hiernach erhält man folgende tabellarische Uebersicht:

Anfängliche Geschwindigkeit in einer Secunde	Anfang in der	Bahn
von 0,01 bis 12,97 Meilen	Sonnenferne	Ellipsen
12,98 Meilen	„	ein Kreis
von 12,99 bis 18,34 Meilen	Sonnennähe	Ellipsen
18,35 Meilen	„	eine Parabel
von 18,36 bis ∞ Meilen.	„	Hyperbeln.

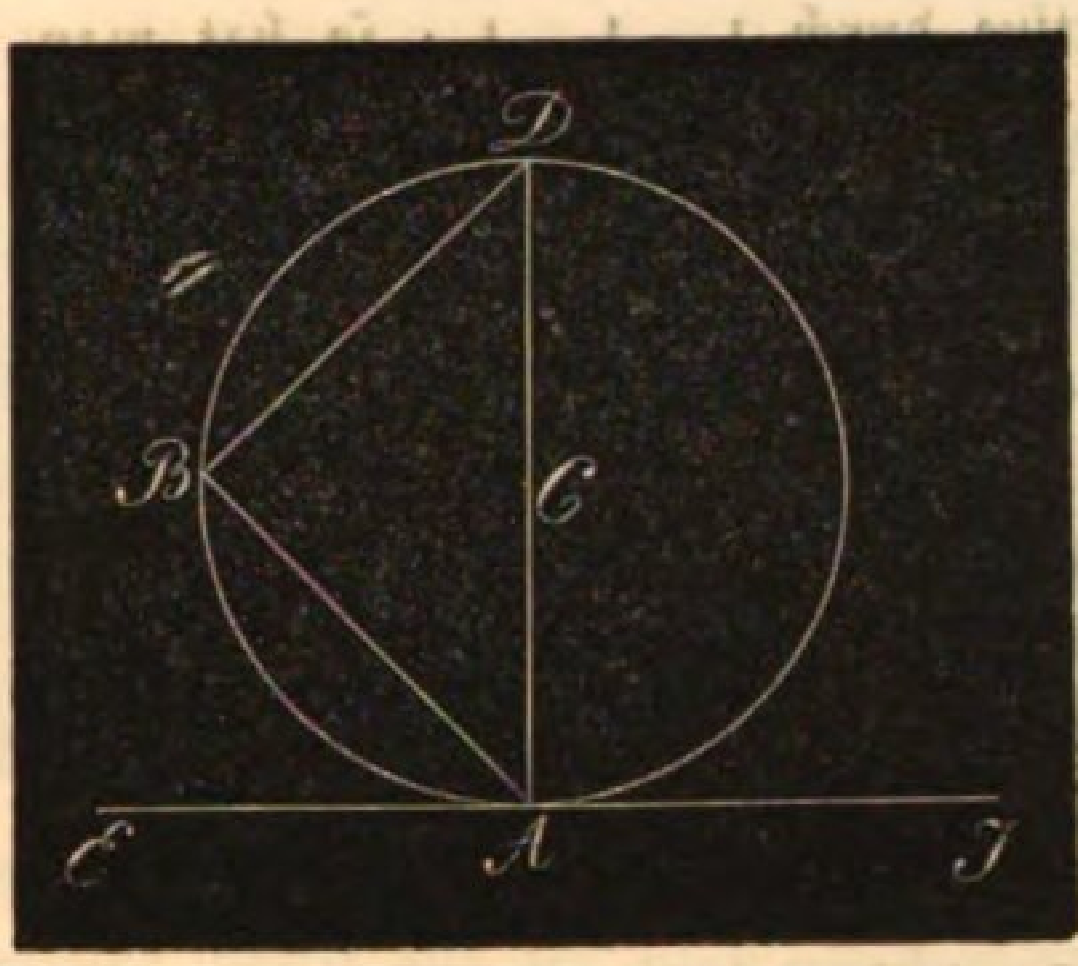
Sei zweitens angenommen, der Planet wäre in seinem Aphel entstanden; ferner sei q^1 die, ebenfalls in Theilen der halben großen Axe der Erdbahn ausgedrückte, Entfernung des Aphels vom Sonnen-Mittelpunkte. Man wird dann den obigen ganz analoge Ausdrücke erhalten. Weil man nun die Werthe der großen Axen und Excentricitäten der Planetenbahnen kennt, so finden sich folgende anfängliche Geschwindigkeiten, denen wegen unmittelbarer Vergleichung die wahren beobachteten Geschwindigkeiten beigefügt sind:

Planet	Anfängliche Geschwindigkeit		Wahre beobachtete Geschwindigkeit in der Ellipse		
	für die Parabel	für den Kreis	in d. mittl. Entfernung	im Perihel	im Aphel
Merkur . .	9,64	6,82	6,91	8,34	5,49
Venus. . .	7,06	4,99	4,95	4,99	4,92
Erde . . .	6,28	4,16	4,20	4,28	4,13
Mars . . .	4,86	3,44	3,42	3,74	3,11
Jupiter . .	2,63	1,86	1,84	1,94	1,76
Saturn . .	1,94	1,37	1,36	1,44	1,29
Uranus . .	1,37	0,97	0,96	1,01	0,92

Aus den Zahlen dieser Tabelle ergiebt sich ohne Weiteres, daß die wahren Geschwindigkeiten der Planeten in irgend welchen Punkten ihrer Bahnen nur wenig von den in Kreisen stattfindenden Geschwindigkeiten verschieden sind. Mithin kann es in der ganzen Bahn eines jeden Planeten keinen Punkt geben, in welchem die Geschwindigkeit der in der Parabel gleich käme. Denn sonst würde von diesem Punkte aus ein jeder Planet nicht mehr eine Ellipse, sondern eine Parabel beschreiben, folglich auch nicht wieder zur Sonne zurückkehren, was dann gegen die Erfahrung sein würde. Aus dem Vorhergehenden erhellet also deutlich, daß bloß eine einzige bestimmte Anfangsgeschwindigkeit einen Kreis oder eine Parabel erzeugen kann, während es unendlich viele Geschwindigkeiten giebt, welche Ellipsen oder Hyperbeln hervorbringen können. Mithin müssen die letztern beiden Kegelschnitte weit wahrscheinlicher sein als die erstern beiden. Ebenso wissen wir nun, daß die Bahnen meistens Ellipsen sind, sobald die Kraft des ersten Stoßes gering ist, Hyperbeln aber nur, wenn diese Kraft eine gewisse Grenze überspringt. Weil jedoch die Natur, so weit man sie kennt, stets vorzugsweise die kleinsten Mittel zur Erreichung ihrer großen Zwecke wählt, so folgt für die Existenz der elliptischen Bahnen eine ohne Vergleich bedeutend größere Wahrscheinlichkeit als für die Existenz hyperbolischer Bahnen, da die Entstehung der Ellipsen eine nur geringe Kraft voraussetzt.

E. Fall der Körper auf vorgeschriebenen Wegen oder Bewegung der Körper auf geneigten geraden und auf krummen Linien.

Die ganze Theorie der gleichförmig beschleunigten Bewegung (siehe Abschnitt B. Gleichförmig veränderte Bewegung) läßt sich auf den Fall eines schweren Punktes auf einer Geraden anwenden, welche gegen die Horizontalebene einen spitzen Winkel macht. Es wird jedoch diese Anwendung gewöhnlich besonders und zwar unter dem Namen der Lehre von der schiefen Ebene vorgetragen. Auch in diesem Wörterbuche ist dieser Lehre ein besonderer Artikel: Schiefe Ebene gewidmet, auf welchen wir daher verweisen, und uns hier bloß mit dem Falle schwerer Punkte auf krummen Linien beschäftigen wollen. — Es sei C der Mittelpunkt eines Kreises mit dem Radius CD = CA = r, AD ein lothrechter Durchmesser dieses Kreises,



EF eine Berührende, die folglich horizontal ist; AB sei eine von A ausgezogene Sehne und t die Zeit, in welcher auf AB ein schwerer Punkt ohne Anfangsgeschwindigkeit von B nach A fällt. Endlich werde ∠ BAE durch α bezeichnet und BD gezogen, folglich ∠ ABD bekanntlich ein rechter Winkel. Man wird nun offenbar haben $AB = gt^2 . \sin \alpha$

und $AB = 2 r \sin \alpha$,

mithin $2 r \alpha = \sin gt^2 \sin \alpha$,

hieraus $2 r = gt^2$

und hieraus wieder

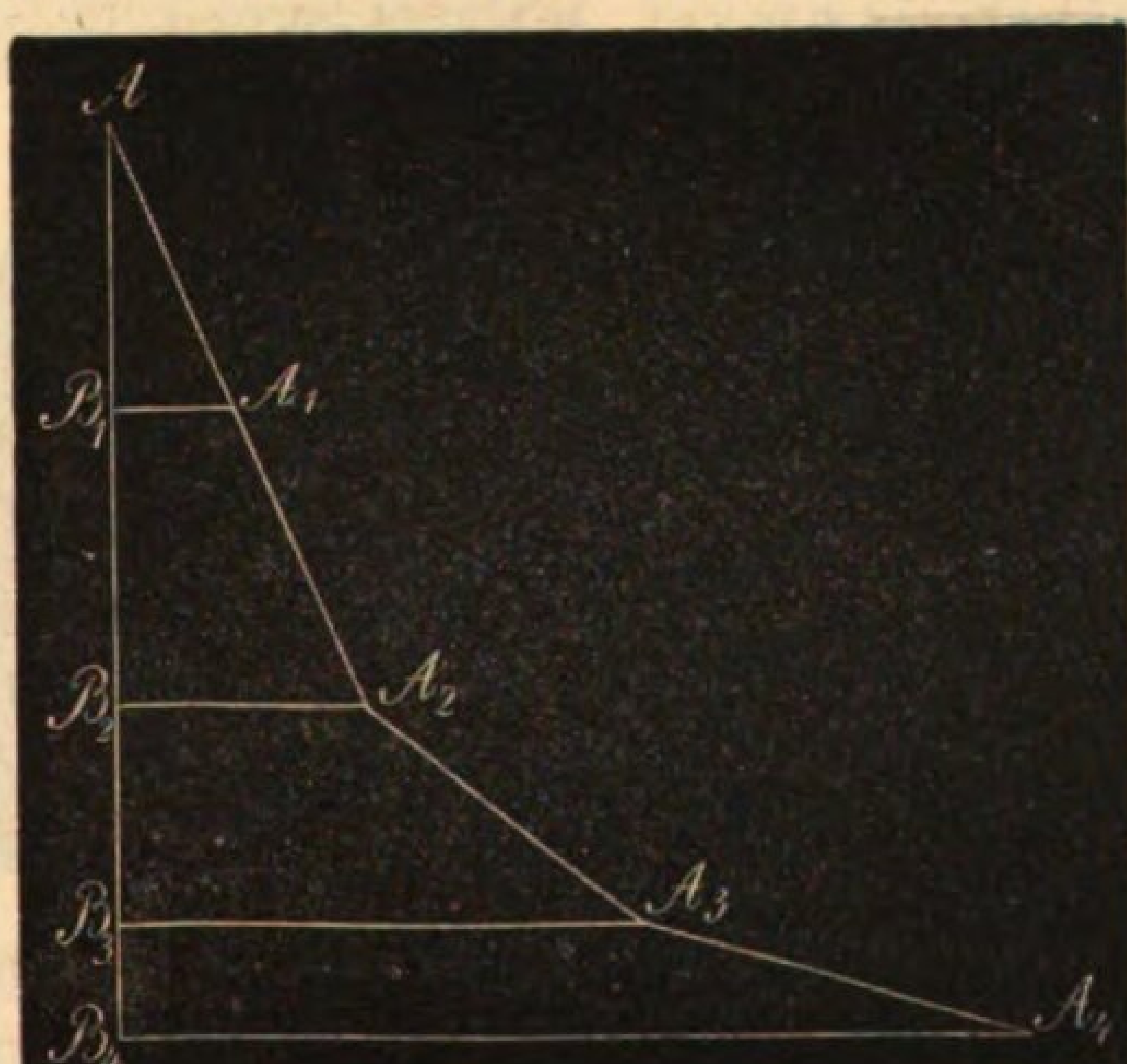
$$38)\ t = \sqrt{\frac{2 r}{g}}.$$

Diese Formel nun giebt, weil g eine constante Größe ist, den merkwürdigen Satz: Wenn AD ein verticaler Durchmesser des um C (als Mittelpunkt) beschriebenen Kreises ist, so fällt ein schwerer Punkt auf jeder beliebigen durch den Punkt A gezogenen Sehne AB dieses Kreises genau in der nämlichen Zeit $\sqrt{\frac{2 r}{g}}$. — Ist ferner v die Geschwindigkeit, mit welcher der von B nach A in der Sehne AB fallende schwere Punkt in A ankommt, so erhält man, da $v = 2 gt \sin \alpha$ sein muß, wenn hier für t sein Werth aus 38) gesetzt wird, den Ausdruck

$$v = 2 g \sin \alpha \sqrt{\frac{2 r}{g}},\ \text{d. h.}$$

$$39)\ v = 2 \sqrt{rg . \sin \alpha},$$

welche Formel zeigt, daß die gedachte Geschwindigkeit (wegen des Neigungswinkels α) keine constante Größe ist. Es sei jetzt $A A_1 A_2 A_3 A_4$ eine gebrochene Linie, die Gerade $B_4 A_4$ horizontal und die Gerade $A B_4$ senkrecht; man ziehe die Geraden $A_1 B_1$, $A_2 B_2$, $A_3 B_3$ senkrecht auf $A B_4$. Endlich bezeichne man die Winkel $A A_1 B_1$, $A_1 A_2 B_2$, $A_2 A_3 B_3$, $A_3 A_4 B_4$ resp. durch $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$. Nun sei v_1 die Geschwindigkeit, welche ein ohne Anfangsgeschwindigkeit auf $A A_1$ in der Zeit t_1 von A bis A_1 fallender schwerer Punkt in A_1 erlangt, also nach dem Vorhergehenden $v_1 = g t_1 \sin \alpha_1$. Man nehme ferner an, daß der schwere Punkt mit der in A_1, A_2, A_3, A_4 erlangten Geschwindigkeit resp. auf $A_1 A_2$, $A_2 A_3$, $A_3 A_4$ fortgehe, und bezeichne die durch den Fall auf $A_1 A_2$, $A_2 A_3$, $A_3 A_4$ erlangten Geschwindigkeiten resp.



durch v_2, v_3, v_4, die Zeiten des Falls respective durch t_2, t_3, t_4; so hat man dann überhaupt:

$$40)\quad \begin{cases} v_1 = 2\,gt_1 \sin\alpha_1 \\ v_2 = v_1 + gt_2 \sin\alpha_2 \\ v_3 = v_2 + gt_3 \sin\alpha_3 \\ v_4 = v_3 + gt_4 \sin\alpha_4 \end{cases}$$

und hieraus erfolgt mittelst successiver Substitution:

$$\begin{aligned} v_1 &= 2\,g\,(t_1 \sin\alpha_1) \\ v_2 &= 2\,g\,(t_1 \sin\alpha_1 + t_2 \sin\alpha_2) \\ v_3 &= 2\,g\,(t_1 \sin\alpha_1 + t_2 \sin\alpha_2 + t_3 \sin\alpha_3) \\ v_4 &= 2\,g\,(t_1 \sin\alpha_1 + t_2 \sin\alpha_2 + t_3 \sin\alpha_3 + t_4 \sin\alpha_4), \end{aligned}$$

welche Gleichungen sich leicht in Worten ausdrücken lassen. Indessen ergeben sich noch andere sehr bemerkenswerthe Ausdrücke für diese Geschwindigkeiten, wenn man, unter Berücksichtigung, daß

$$\begin{aligned} AB_1 &= AA_1 \sin\alpha_1 \\ B_1B_2 &= A_1A_2 \sin\alpha_2 \\ B_2B_3 &= A_2A_3 \sin\alpha_3 \\ B_3B_4 &= A_3A_4 \sin\alpha_4 \end{aligned}$$

ist, die Gleichungen 40) zu Grunde legt und die hiernach ausgedrückten Werthe für AA_1, A_1A_2, A_2A_3, A_3A_4 benutzt. Man wird alsdann auf einem einfachen Wege, der hier aber nicht erst näher bezeichnet werden kann, die Gleichungen erhalten:

$$\begin{aligned} v_1 &= 2\sqrt{g\,.(AB_1)} \\ v_2 &= 2\sqrt{g\,(AB_1 + B_1B_2)} \\ v_3 &= 2\sqrt{g\,(AB_1 + B_1B_2 + B_2B_3)} \\ v_4 &= 2\sqrt{g\,(AB_1 + B_1B_2 + B_2B_3 + B_3B_4)}, \end{aligned}$$

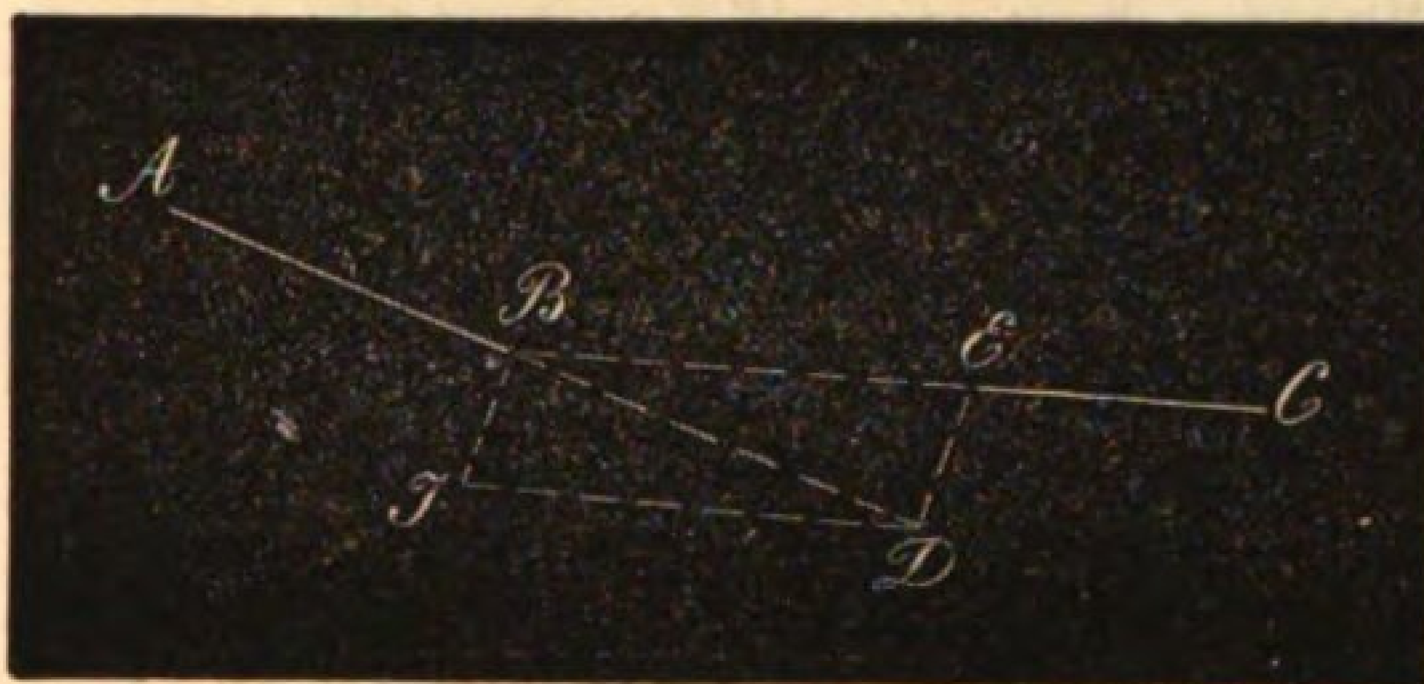
d. h.

$$41)\quad \begin{cases} v_1 = 2\sqrt{g \times AB_1} \\ v_2 = 2\sqrt{g \times AB_2} \\ v_3 = 2\sqrt{g \times AB_3} \\ v_4 = 2\sqrt{g \times AB_4} \end{cases}$$

u. s. f.

was mithin diejenigen Geschwindigkeiten sind, welche ein durch die Lothlinie AB_4 frei fallender schwerer Punkt in B_1, B_2, B_3, B_4 erlangt. Folglich erlangt ein auf AA, AA_1A_2, $AA_1A_2A_3$, $AA_1A_2A_3A_4$ 2c. fallender schwerer Punkt resp. in A_1, A_2, A_3, A_4 2c. dieselbe Geschwindigkeit, die jener durch AB_4 fallender Punkt in B_1, B_2, B_3, B_4 u. s. f. erlangt, jedoch immer unter der obigen Voraussetzung, daß der auf der gebrochenen Linie $AA_1A_2A_3A_4 \ldots$ fallende schwere Punkt mit der in A_1, A_2, A_3, $A_4 \ldots$ erlangten Geschwindigkeit resp. auf A_1A_2, A_2A_3, A_3A_4 2c. fortgehe. Aehnliche Untersuchungen lassen sich anstellen, wenn man die Bewegung des schweren Punktes von A_4 an aufwärts in der gebrochenen Linie $A_4A_3A_2A_1A$ bis A erfolgen läßt; man wird hier das Endresultat finden, daß der schwere Punkt am Ende der Zeit $t_4 + t_3 + t_2 + t_1$ in A angelangt sein wird. Es läßt sich nun aber auch leicht nachweisen, daß die mehrerwähnte Voraussetzung nicht in allen Fällen richtig ist. Denn es seien AB, BC zwei in B zusammenstoßende Gerade,

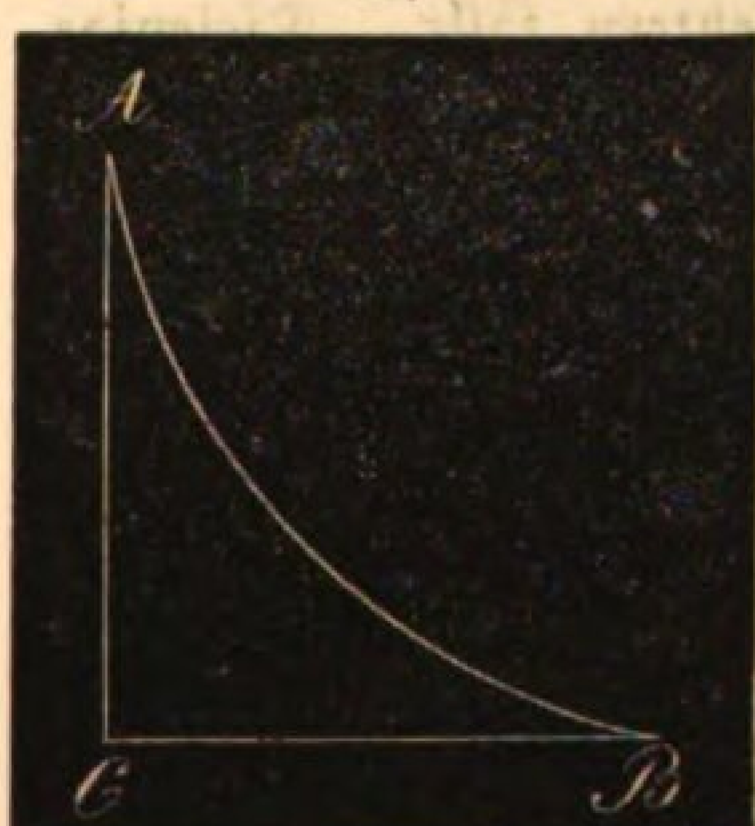
I.



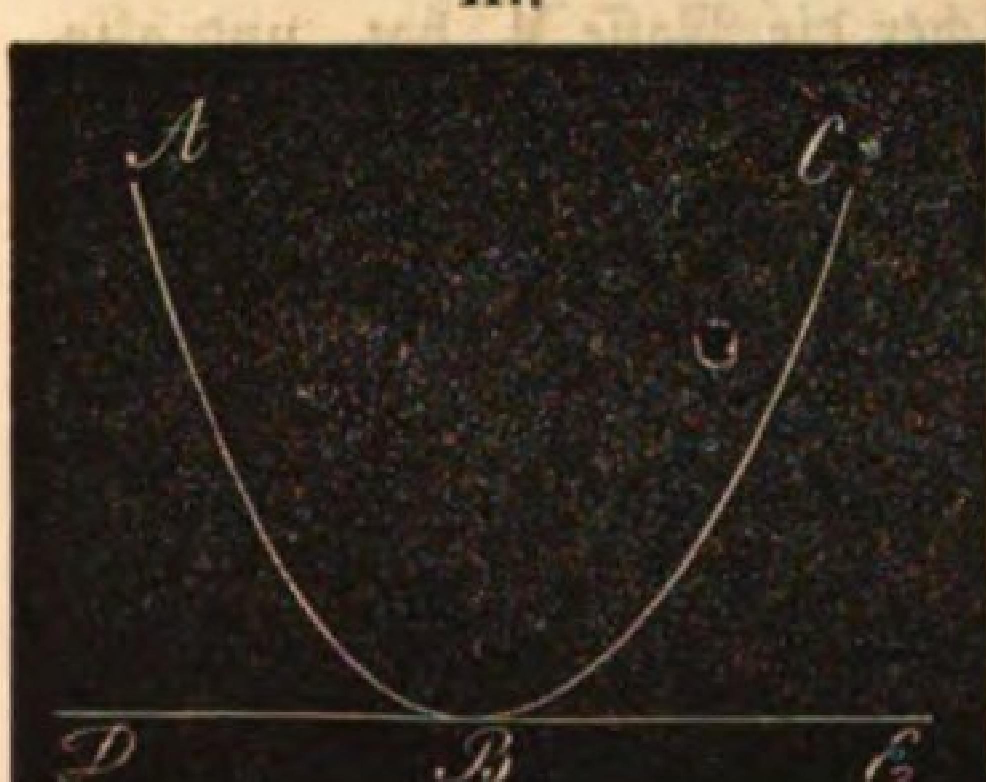
BD die Geschwindigkeit, welche ein Punkt durch seine Bewegung auf AB in B erlangt; man betrachte BD als die geometrische Darstellung der die Geschwindigkeit BD erzeugenden Kraft, so kann diese in die beiden Kräfte BE und BF zerlegt werden (BE in BC liegend, BF senkrecht auf BC). Es ist dann klar, daß der bei seiner Bewegung auf AB in B mit der Geschwindigkeit BD ankommende Punkt auf BC bloß mit der Geschwindigkeit BE fortgeht. Aber, wenn u den Winkel EBD bezeichnet, BE = BD . cos u, mithin der Verlust V an Geschwindigkeit beim Uebergange aus der Richtung AB in die von BC: V = BD — BE = BD — BD cos u = BD (1 — cos u) oder V = 2 BD . sin $^1/_2$ u^2. Aus dieser Gleichung ergiebt sich für u = o der Werth von V = o, d. h. bloß, wenn AB und BC zwei in B zusammenstoßende Elemente einer stetig gekrümmten Linie darstellen, gehet beim Uebergange aus der Richtung AB in die von BC wirklich nichts an Geschwindigkeit verloren, wie oben vorausgesetzt worden war.

Faßt man alles in diesem Abschnite Vorgetragene zusammen, so gelangt man zu folgenden wichtigen zwei Resultaten: 1) Wenn AB eine stetig gekrümmte Linie, BC eine horizontale Gerade und AC senkrecht auf CB ist, so erlangt ein schwerer Punkt durch den Fall auf der krummen Linie AB in B stets dieselbe Geschwindigkeit, die er durch den freien Fall durch die Senkrechte AC in C erlangen würde. 2) Wenn AB, BC zwei sich congruente und gegen die durch B gezogene horizontale Gerade DE symmetrisch liegende Theile einer stetig gekrümmten Linie ABC sind, und ein schwerer Punkt in einer gewissen Zeit auf AB von A bis B gefallen ist, so steigt dann dieser Punkt in der nämlichen Zeit auf BC von B bis C, wo nun seine Geschwindigkeit aufhört. Er fällt also nun wieder in derselben Zeit von C bis B und steigt nachher in der nämlichen Zeit von B bis A. Der schwere Punkt wird auf diese Weise eine (sogenannte) oscillirende Bewegung von stets gleicher Größe und Beschaffenheit in's Unendliche fortsetzen, sobald nur keine Hindernisse, wie z. B. Reibung oder Widerstand der Luft, entgegen wirken. Dieser zweite Satz bildet bekanntlich die Grundlage für die

II.



III.



Lehre von der Bewegung des Pendels, und wir verweisen daher wegen weiterer Ausführung der Lehre von der oscillirenden Bewegung auf den Artikel Pendel, wo auch von der Reduction der Massen und von den Trägheitsmomenten überhaupt die Rede sein wird.

F) Stoß der Körper.

Die gegenseitige mechanische Einwirkung zweier Körper wird ein Stoß derselben genannt, sobald sie sich begegnen oder mit einander zusammentreffen, was geschehen kann, sobald beide Körper sich bewegen oder bloß der eine von ihnen sich bewegt und der andere in Ruhe sich befindet. Es erhellet leicht, daß sich die alsdann eintretenden Erscheinungen theils nach der Beschaffenheit der Körper, theils nach der Richtung ihrer Bewegung, d. h. ihres Stoßes, verhalten werden. Was die Körper selbst betrifft, so betrachtet man den Stoß unelastischer Körper und den Stoß elastischer Körper; hinsichtlich der Richtung der Bewegung oder des Stoßes derselben unterscheidet man den geraden Stoß, d. h. wo die Richtungen der Bewegung beider Körper in eine und die nämliche gerade Linie fallen, und den schiefen Stoß, d. h. wo die Richtungen der Bewegung beider Körper einen Winkel mit einander bilden. Der schiefe Stoß heißt oft auch excentrischer Stoß. Wegen der Einfachheit in der Darstellung der Lehre vom Stoße werden die auf einander stoßenden Körper als Kugeln angenommen, und zugleich stets bloß eine gleichförmige Bewegung derselben vorausgesetzt. Der gerade Stoß wird übrigens zugleich ein centraler Stoß genannt, wenn die Richtung der Bewegungen beider Kugeln in die Centrallinie der letztern fällt. Diejenige Stelle des bewegten Körpers, in welcher man sich dessen ganzen Stoß vereinigt denken kann, heißt der Mittelpunkt des Stoßes, welcher mit dem Schwerpunkte des Körpers zusammenfällt, sobald sich alle Punkte des Körpers mit gleicher Geschwindigkeit in parallelen Richtungen bewegen. Die Kraft des Stoßes endlich ist der Masse des stoßenden Körpers und dem Quadrate seiner Geschwindigkeit direct proportional.

α) Gerader Stoß unelastischer Körper. Es sind hier zwei Fälle möglich, entweder: die Körper bewegen sich in einer und derselben Richtung hinter einander oder: die Körper bewegen sich in direct entgegengesetzten Richtungen auf einander zu. Im erstern Falle kann ein Zusammenstoß aber offenbar nur dann geschehen, wenn der eine Körper, der die Masse M_1 hat, sich mit einer größern Geschwindigkeit bewegt als der andere Körper, welcher die Masse M_2 hat, und also diesen endlich einholt, wo nun der Stoß geschieht, nach welchem beide Körper, vereinigt bleibend, in der bisherigen Richtung, jedoch mit einer neuen gewissen und gleichen Geschwindigkeit v fortgehen. Um diese Größe v zu bestimmen, überlege man, daß die Summe der Quantitäten der Bewegung, d. h. die Summe der bewegenden Kräfte, nach erfolgtem Stoße noch dieselbe bleibt, welche sie vor dem Stoße war. Man wird daher (nach 24)) offenbar die Gleichung haben:

$$M_1 v + M_2 v = M_1 v_1 + M_2 v_2$$

und aus dieser die Gleichung

$$42) \quad v = \frac{M_1 v_1 + M_2 v_2}{M_1 + M_2}$$

zur Bestimmung der gesuchten neuen Geschwindigkeit v erhalten. Für den zweiten Fall, d. i. für den Fall, daß sich beide Körper in direct entgegengesetzten Richtun-

gen auf einander zu bewegen, darf man nur in 42) die eine Geschwindigkeit, z. B. v_2, negativ setzen und man wird den Ausdruck

$$43)\ v = \frac{M_1 v_1 - M_2 v_2}{M_1 + M_2}$$

erhalten. Aus 43) erhellet ohne Weiteres, daß, wenn die Quantitäten der Bewegungen, nämlich $M_1 v_1$ und $M_2 v_2$, einander gleich sind, alsdann $v = o$ sein muß, d. h. nach dem Stoße findet keine Geschwindigkeit, also keine Bewegung mehr statt. In diesem Falle vernichten sich also beide Bewegungen im Augenblicke des Stoßes gegenseitig oder beide Körper kommen im Augenblicke des Stoßes zur Ruhe. Ferner ergeben sich aus 43) noch nachstehende Folgerungen. Ist $M_1 v_1 > M_2 v_2$, so ist v positiv, d. h. die beiden vereinigten Körper setzen ihre Bewegung nach erfolgtem Stoße in der Richtung fort, welche der Körper mit der Masse M_1 anfänglich hatte; ist aber $M_2 v_2 > M_1 v_1$, so ist v negativ, d. h. die beiden vereinigten Körper setzen ihre Bewegung nach erfolgtem Stoße in der Richtung fort, welche der Körper mit der Masse M_2 anfänglich hatte. Befindet sich jedoch der eine Körper, z. B. der mit der Masse M_2, in Ruhe, so hat man in 43) $v_2 = o$ zu setzen, und es kommt

$$44)\ v = \frac{M_1 v_1}{M_1 + M_2}.$$

Diese Gleichung läßt sich auch so schreiben:

$$v = \frac{M_1}{1 + \frac{M_2}{M_1}},$$

aus welcher nun folgt, daß v desto kleiner werden muß, je größer M_2 gegen M_1 ist, und offenbar wird v unendlich klein, sobald M_1 unendlich klein gegen M_2 wird. Also wird ein Körper mit unendlich kleiner Masse, gegen einen ruhenden Körper mit unendlich großer Masse stoßend, diesen nicht in Bewegung setzen.

β) Schiefer Stoß unelastischer Körper. Es seien α_1, α_2 die Winkel, welche die Richtungen beider Körper mit der Centrallinie einschließen, so lassen sich die Geschwindigkeiten v_1, v_2 dieser Körper, welche die Massen M_1, M_2 haben, zufolge des Gesetzes der Zerlegung der Kräfte (Parallelogramm der Kräfte) dergestalt in zwei Theile zerlegen, daß der eine Theil in der Richtung der Centrallinie und der andere Theil in derjenigen Richtung liegt, welche auf der Richtung der Centrallinie senkrecht steht. Mithin werden

$$v_1 \cos \alpha_1 \text{ und } v_1 \sin \alpha_1$$

die beiden Theile von v_1 und

$$v_2 \cos \alpha_2 \text{ und } v_2 \sin \alpha_2$$

die beiden Theile von v_2 sein; folglich erhält nach dem Stoße jeder der beiden Körper in der Richtung der Centrallinie eine gewisse Geschwindigkeit v, die auf ähnliche Weise wie v in 42) bestimmt wird, nämlich

$$45)\ v = \frac{M_1 v_1 \cos \alpha_1 + M_2 v_2 \cos \alpha_2}{M_1 + M_2}.$$

Nun ist aber diese Geschwindigkeit v noch mit der auf der Centrallinie senkrechten Geschwindigkeit 'v, ''v zusammen zu setzen, um die Geschwindigkeiten V_1, V_2 zu

erhalten, welche beide Körper resp. nach erfolgtem Stoße haben werden. Man hat demnach

$$V_1 = \sqrt{v^2 + {}'v^2}$$
$$V_2 = \sqrt{v^2 + {}''v^2},$$ d. h. weil nach dem Obigen ${}'v = v_1 \sin \alpha_1$ und ${}''v = v_2 \sin \alpha_2$ ist:

$$46) \begin{cases} V_1 = \sqrt{\left\{\frac{M_1 v_1 \cos \alpha_1 + M_2 v_2 \cos \alpha_2}{M_1 + M_2}\right\}^2 + v_1^2 \sin \alpha_1^2} \\ V_2 = \sqrt{\left\{\frac{M_1 v_1 \cos \alpha_1 + M_2 v_2 \cos \alpha_2}{M_1 + M_2}\right\}^2 + v_2^2 \sin \alpha_2^2}, \end{cases}$$

Bezeichnen endlich β_1, β_2 die Winkel, welche die Richtungen dieser Geschwindigkeiten V_1, V_2 resp. mit der Centrallinie bilden, so wird man offenbar haben:

$$47) \quad \sin \beta_1 = \frac{v_1 \sin \alpha_1}{V_1} \text{ und } \sin \beta_2 = \frac{v_2 \sin \alpha_2}{V_2}.$$

Wir kommen nun zu dem **Geraden Stoße elastischer Körper.** Wenn zwei elastische Körper, welche die Massen M_1, M_2, die Geschwindigkeiten v_1, v_2 und die Elasticitäten e_1, e_2 besitzen, zusammenstoßen, so bringen sie Eindrücke auf einander hervor, welche sich nachher vermöge der Elasticitäten, wieder herstellen oder vernichten. Je nachdem nun die Elasticität vollkommen ist oder nur zum Theil vorhanden, wird das Herstellen oder Vernichten ganz oder theilweise geschehen. Im erstern Falle ist nämlich die Rückwirkung der Einwirkung vollkommen gleich; im letztern Falle aber wird die Rückwirkung ein desto größerer Theil der Einwirkung sein, je vollkommener die Elasticität ist. Bezeichnen jetzt V_1, V_2 die nach erfolgtem Stoße stattfindenden resp. Geschwindigkeiten beider Körper, sowie Δv_1, Δv_2 die bei den beiden unelastischen Körpern eintretenden resp. Aenderungen ihrer ursprünglichen Geschwindigkeiten v_1, v_2; so ist zuerst offenbar $v = v_1 + \Delta v_1$ und $v = v_2 + \Delta v_2$, also zweitens

$$\Delta v_1 = \frac{M_2 (v_2 - v_1)}{M_1 + M_2}$$
$$\Delta v_2 = \frac{M_1 (v_1 - v_2)}{M_1 + M_2}$$

und daher

$$v = v_1 + \frac{M_2 (v_2 - v_1)}{M_1 + M_2} = v_2 + \frac{M_1 (v_1 - v_2)}{M_1 + M_2}.$$

Man findet nun aber V_1, V_2, wenn man die nach erfolgtem Stoße eintretenden Aenderungen der ursprünglichen Geschwindigkeiten v_1, v_2 resp. mit $1 + e_1$, $1 + e_2$ multiplicirt und die erhaltenen Producte zu den resp. ursprünglichen Geschwindigkeiten addirt. Man wird also erhalten:

$$V_1 = v_1 + (1 + e_1).\Delta v_1$$
$$V_2 = v_2 + (1 + e_2).\Delta v_2,$$

d. h. nach dem Obigen:

$$48) \begin{cases} V_1 = v_2 + \frac{M_2 (v_2 - v_1)}{M_1 + M_2}(1 + e_1) \\ V_2 = v_2 + \frac{M_1 (v_1 - v_2)}{M_1 + M_2}(1 + e_2). \end{cases}$$

Besitzen beide Körper vollkommene Elasticität, so muß man in 48) $e_1 = 1$ und $e_2 = 1$ setzen und man wird alsdann erhalten:

$$V_1 = v_1 + \frac{2M_2(v_2 - v_1)}{M_1 + M_2}$$

$$V_2 = v_2 + \frac{2M_1(v_1 - v_2)}{M_1 + M_2} \text{ oder auch}$$

$$49) \begin{cases} V_1 = \dfrac{(M_1 - M_2)\,v_1 + 2\,M_2\,v_2}{M_1 + M_2} \\ V_2 = \dfrac{(M_2 - M_1)\,v_2 + 2\,M_1\,v_1}{M_1 + M_2} \end{cases}$$

Wenn also beide Körper die gleich großen Massen $M_2 = M_1$ haben, so gehen die Gleichungen 49) über in

$$V_1 = \frac{2\,M_1\,v_2}{2\,M_1} \text{ und } V_2 = \frac{2\,M_1\,v_1}{2\,M_1}, \text{ oder}$$

$$V_1 = v_2 \text{ und } V_2 = v_1,$$

d. h. zwei vollkommen elastische Körper, welche die Geschwindigkeiten v_1, v_2 besitzen und gleiche Masse haben, vertauschen, wenn sie gerade zusammenstoßen, nach erfolgtem Stoße ihre Geschwindigkeiten. Wenn ferner die Richtungen der Bewegungen beider Körper, welche die Massen M_1, M_2 besitzen und die Geschwindigkeiten v_1, v_2 haben, einander direct entgegengesetzt sind, so muß man, wenn beide Körper vollkommen elastisch sind, in 49) die eine der beiden Geschwindigkeiten, z. B. v_2, negativ annehmen, und es wird kommen:

$$50) \begin{cases} V_1 = \dfrac{(M_1 - M_2)\,v_1 - 2\,M_2\,v_2}{M_1 + M_2} \\ V_2 = \dfrac{(M_1 - M_2)\,v_2 + 2\,M_1\,v_1}{M_1 + M_2}. \end{cases}$$

Haben hier beide Körper gleiche Masse, d. h. ist $M_2 = M_1$, so wird man erhalten:

$$V_1 = \frac{-\,2\,M_1\,v_2}{2\,M_1} \text{ und } V_2 = \frac{2\,M_1\,v_2}{2\,M_1}$$

$$\text{oder } V_1 = -\,v_2 \text{ und } V_2 = v_1,$$

d. h. beide Körper werden nach erfolgtem Stoße mit den vertauschten Geschwindigkeiten nach entgegengesetzten Richtungen gehen. — Ist aber der eine von beiden elastischen Körpern, z. B. der, welcher die Masse M_2 hat, vor dem Zusammenstoßen in Ruhe, so ist in 49) $v_2 = o$ zu setzen, und es gehen alsdann diese Gleichungen über in:

$$51) \begin{cases} V_1 = v_1 - \dfrac{M_2\,v_1}{M_1 + M_2}(1 + e_1) \\ V_2 = \dfrac{M_1\,v}{M_1 + M_2}(1 + e_2). \end{cases}$$

Sind beide Körper vollkommen elastisch, also $e_2 = e_1 = 1$, so verwandeln sich die Gleichungen 51) in folgende:

$$V_1 = v_1 - \frac{2\,M_2\,v_1}{M_1 + M_2}$$

$$V_2 = \frac{2\,M_1\,v_1}{M_1 + M_2} \text{ oder}$$

$$V_1 = \frac{v_1\,(M_1 - M_2)}{M_1 + M_2},\ V_2 = \frac{2\,M_1\,v_1}{M_1 + M_2},$$

wie sie sich auch aus 49) ergeben. Wenn man in diesen beiden zuletzt erhaltenen Gleichungen $M_2 = M_1$ setzt, so kommt ein sehr wichtiges Resultat, nämlich

$$V_1 = o \text{ und } V_2 = v_1,$$

d. h. **wenn zwei vollkommen elastische Körper, welche gleich große Massen besitzen und von welchen der eine, in Ruhe sich befindend, durch einen Stoß des andern getroffen wird, so wird nach erfolgtem Stoße dieser letztere Körper ruhen und jener bisher in Ruhe gewesene Körper sich vorwärts mit der gehabten Geschwindigkeit des andern Körpers fortbewegen.** Es wird nun nicht schwer sein, von diesem wichtigen Resultate die nachstehenden Folgerungen zu ziehen. Wenn mehrere gleich große und gleich elastische Kugeln, z. B. von Elfenbein, in einer und derselben geraden Linie so aufgehängt werden, daß sie sich immer je zwei berühren, so wird, wenn man die erste Kugel nach der Richtung derselben Geraden in Bewegung setzt und gegen die nächste Kugel stoßen läßt, jene sofort zur Ruhe kommen und nur die letzte am entgegengesetzten Ende befindliche Kugel fortfliegen. Wenn aber mehrere in Bewegung gesetzte Kugeln gegen die übrigen in Ruhe befindlichen Kugeln stoßen, so fliegt eine der Menge bewegter Kugeln gleiche Anzahl ruhender Kugeln am andern Ende dergestalt fort, daß, wenn der anstoßenden mehr sind als der ruhenden, eine oder mehrere der erstern zugleich unter den fortfliegenden sein werden. Haben die aufgehängten Kugeln die Massen M, Mr, Mr^2, Mr^3 &c., so bilden dann auch ihre Geschwindigkeiten eine geometrische Reihe, nämlich $\left(\frac{1-r}{1+r}\right) v$, $\frac{2(1-r)}{(1+r)^2} v$, $\frac{4(1-r)}{(1+r)^3} v$, ... jedoch mit Ausnahme der letzten Kugel, deren Geschwindigkeit $\frac{2^n \cdot v}{(1+r)^n}$, d. h. $\left(\frac{2}{1+r}\right)^n v$ sein muß. Zur Erläuterung dieser Sätze hat **Mariotte** die sogenannte **Percussions-** oder **Stoßmaschine** erfunden, welche von **Nollet** wesentlich verbessert worden ist. Man kann mit einer solchen Vorrichtung, welche auch oft Stoßapparat heißt, die Versuche auf eine recht anschauliche Weise anstellen, daher auch die Stoßmaschine einen nicht unwichtigen Theil eines jeden physikalischen Kabinets ausmacht. In ihrer einfachsten Construction besteht sie aus einer Reihe in einer geraden Linie an Fäden dicht neben einander aufgehängter, gleich großer Kugeln von Elfenbein. Man kann sich aber auch leicht eine Stoßmaschine einrichten lassen, bei welcher die elfenbeinernen Kugeln nach einer gewissen geometrischen Progression an Größe ab- oder zunehmen. — Wir wollen nun endlich noch den δ) **schiefen Stoß elastischer Körper** im Allgemeinen erwähnen. Hier werden die allgemeinen Formeln aus denen im Abschnitte γ) auf ähnliche Art abgeleitet werden können, wie die allgemeinen Ausdrücke des schiefen Stoßes unelastischer Körper in β) aus den für den geraden Stoß geltenden in α). Behält man nämlich die im vorigen Abschnitte gebrauchten Bezeichnungen hier bei, und ist α wieder der Winkel, welche

die Richtungen der Bewegung beider Körper mit der Centrallinie einschließen, so wird man, da hier v_1 in $v_1 + (1 + e) \Delta v_1$ und v_2 in $v_2 + (1 + e_2) \Delta v_2$ übergeht, offenbar Ausdrücke erhalten, welche denen in 46) und 47) ganz ähnlich in der Form, wenn gleich weit zusammengesetzter sind. Wie man dann verfahren muß, um hieraus ebenfalls neue Schlüsse und Resultate zu ziehen, wird nach der gegebenen Darstellung der früheren Schlüsse und Resultate zu finden wohl nicht schwer sein, daher wir dies füglich den Lesern überlassen können.

In der Lehre vom Stoße der Körper kann bisweilen gefragt werden, wie groß die Zahl z von Zeiteinheiten sein muß, sobald ein Körper B mit einem Körper A zusammentreffen soll, und zwar wenn A bei einem Vorsprunge von d Längeneinheiten und t Zeiteinheiten s Längeneinheiten in jeder Zeiteinheit, B aber s' Längeneinheiten in jeder Zeiteinheit durchläuft, und beide Körper sich hinter einander gleichförmig bewegen. Für diesen Fall wird leicht erhellen, daß nach der Lehre von der gleichförmigen Bewegung in einer geraden Linie

$$52)\ z = \frac{d + st}{s' - s}$$

sein muß. Ist hier $s' = s$, also $s' - s = o$, so wird $z = \alpha$, d. h. A und B laufen hinter einander, immer gleiche Entfernung d von einander behaltend, fort, ohne je zusammen zu stoßen. Wenn aber B gegen A, statt hinter A her, läuft, so muß man in 52) s negativ annehmen und man erhält dann den Ausdruck

$$53)\ z = \frac{d - st}{s' + s}.$$

Hier kann das Zusammenstoßen augenblicklich geschehen, wenn $z = o$ ist, was stattfindet, wenn entweder $d = st$ oder $s = \frac{d}{t}$ oder $t = \frac{d}{s}$ ist. Die Bedeutung dieser drei Fälle läßt sich in Worten geben. Findet endlich ein gleichzeitiger Anfang der Bewegungen beider Körper, die um d Längeneinheiten von einander entfernt sind, statt, so muß in 52) und 53) $t = o$ gesetzt werden, und man erhält dann resp. $z = \frac{d}{s' - s}$ und $z = \frac{d}{s' + s}$.

G) Epicyklische Bewegung.

Da in unserm Werke von dessen Lesern keine Kenntnisse der höhern Mathematik verlangt oder vorausgesetzt werden, so darf in dem gegenwärtigen Artikel um so weniger unerwähnt bleiben, daß erst in ganz neuester Zeit F. A. Möbius (Mechanik des Himmels, Leipz. 1843) der Mechanik eine sehr schöne Bereicherung dadurch verschafft hat, daß er gezeigt, wie man ohne andere mathematische Kenntnisse, als die, welche schon auf den Schulen erlernt werden, zu besitzen, mit den Geheimnissen der planetarischen Bewegungen sich in Kurzem vertraut machen könne. Möbius bedient sich nämlich der epicyklischen Bewegung.

Bewegt sich ein Punkt in einem Kreise, um diesen Punkt als Centrum ein zweiter Punkt in einem zweiten Kreise u. s. f., so heißen diese letztern zu jenem ersten hinzugefügten Kreise Epicykel und die absoluten von diesen Punkten beschriebenen Curven Epicykloiden. Die alten Astronomen suchten bekanntlich die verwickelten planetarischen Bewegungen mittels der Epicykel zu erklären, bis Copernicus die Nichtigkeit des Ptolemäischen Weltsystems zeigte und so die

Epicykel nicht weiter in Anwendung kamen. Jetzt aber hat Möbius in seinem oben angeführten Werke auf eine höchst einfache Weise die Störungen in der Monds- und Planetenbewegung entwickelt. Ueber diese Störungen sehe man das Nähere in den Artt. Planeten und Gravitation; hier möge es genügen, dem Leser einen kurzen, aber deutlichen Begriff von der Möbius'schen Methode zu geben. Um einen festen Punkt O als Centrum (die Figur kann man leicht selbst entwerfen) bewege sich ein Punkt A gleichförmig in einem Kreise und in des letztern Ebene gleichzeitig ein zweiter Punkt A_1 ebenfalls gleichförmig um A als Centrum in einem Kreise, aber auch gleichzeitig ein dritter Punkt A_2 in derselben Ebene gleichförmig um A_1 u. s. f. Es seien die Halbmesser OA, AA_1, A_1A_2, A_2A_3 .... resp. gleich a, a_1, a_2, a_3 u. s. w.; die constanten Winkelgeschwindigkeiten der materiellen Punkte A, A_1, A_2, A_3 .... gleich n, n_1, n_2, n_3 u. s. w.; endlich mögen α, α_1, α_2, α_3 .... die Winkel bezeichnen, welche die Halbmesser $OA = r$, $AA_1 = r_1$, $A_1A_2 = r_2$ .... zu einer gewissen Zeit T mit einer in der Bewegungsebene durch O gelegten festen Axe (der Xaxe) formiren. Es läßt sich nun fragen, was die Coordinaten x und y des letzten Punktes A_n nach Verlauf der Zeit t sein werden. Offenbar sind nach verflossener Zeit t die von a, a_1, a_2 .... mit der Xaxe gebildeten Winkel resp. $\alpha + nt$, $\alpha_1 + n_1t$, $\alpha_2 + n_2t$ u. s. w. und daher ihre Projectionen auf die Abscissenaxe $a \cos(\alpha + nt)$, $a_1 \cos(\alpha_1 + n_1t)$, $a_2 \cos(\alpha_2 + n_2t)$, ... und die resp. Projectionen auf die Ordinatenaxe $a \sin(\alpha + nt)$, $a_1 \sin(\alpha_1 + n_1t)$, $a_2 \sin(\alpha_2 + n_2t)$ u. s. w. Wenn man nun der Kürze wegen die Winkel $\alpha + nt$, $\alpha_1 + n_1t$, $\alpha_2 + n_2t$ .... resp. durch λ, λ_1, λ_2 .... bezeichnet, so wird man demnach haben:

$$54)\ \begin{cases} x = a \cos\lambda + a_1 \cos\lambda_1 + a_2 \cos\lambda_2 + \ldots + a_n \cos\lambda_n \\ y = a \sin\lambda + a_1 \sin\lambda_1 + a_2 \sin\lambda_2 + \ldots + a_n \sin\lambda_n, \end{cases}$$

welche Gleichungen die aus n epicyklischen Bewegungen zusammengesetzte Bewegung des Punktes A_n sind. Nimmt man zum ursprünglichen Kreise bloß eine epicyklische Bewegung an, so hat man nach 54)

$$x = a \cos\lambda + a_1 \cos\lambda_1$$
$$y = a \sin\lambda + a_1 \sin\lambda_1$$

oder

$$x = a \cos(\alpha + nt) + a_1 \cos(\alpha_1 + n_1t)$$
$$y = a \sin(\alpha + nt) + a_1 \sin(\alpha_1 + n_1t)$$

und hieraus endlich

$$55)\ \begin{cases} x = (a + a_1) \cos nt \\ y = (a - a_1) \sin nt \end{cases}$$

für $n_1 = -n$ und $\alpha = \alpha_1 = o$; d. h. die Gleichungen 55) gelten für den Fall, daß sich der materielle Punkt A_1 um den materiellen Punkt A mit derselben Winkelgeschwindigkeit, jedoch in entgegengesetztem Sinne bewege. Nach der bewerkstelligten Elimination von nt aus 55) ergiebt sich die Gleichung: $\left(\frac{x}{a+a_1}\right)^2 + \left(\frac{y}{a-a_1}\right)^2 = 1$, d. h. der Punkt A_1 bewegt sich in einer Ellipse mit dem Mittelpunkte O.

Es ist nun auch leicht, die die Bewegung des Punktes A_n erzeugenden Kräfte zu bestimmen. Es wird nämlich die Kreisbewegung von A um O durch die nach r gerichtete Kraft n^2a, die von A_1 um A durch die Kraft $n_1{}^2a_1$, die von A_2 um A_1

durch die Kraft $n_2{}^2a_2$ u. s. w. bewirkt; mithin muß die absolute Bewegung des Punktes A_n gegen 0 durch jene Kräfte n^2a, $n_1{}^2a_1$, $n_2{}^2a_2$ u. s. w. hervorgebracht werden, deren Richtungen resp. parallel mit a, a_1, a_2 .... laufen. Die von diesen Richtungen mit der Abscissenaxe gebildeten Winkel sind offenbar $\lambda + 180^0$, $\lambda_1 + 180^0$, $\lambda_2 + 180^0$ .... und folglich

$$n^2a \cos(\lambda + 180^0) \text{ und } n^2a \sin(\lambda + 180^0)$$
$$n_1{}^2a_1 \cos(\lambda_1 + 180^0) \quad " \quad n_1{}^2a_1 \sin(\lambda_1 + 180^0)$$
$$n_2{}^2a_2 \cos(\lambda_2 + 180^0) \quad " \quad n_2{}^2a_2 \sin(\lambda_2 + 180^0)$$

u. s. w.

die resp. Zerlegungen der Kräfte nach der Abscissen- und Ordinatenaxe. Man zerlege jetzt die auf A_n wirkende Gesammtkraft in zwei mit den Coordinatenaxen parallele Kräfte X und Y, so wird man, dem Vorhergehenden zufolge, alsdann haben:

$$56)\ \begin{cases} X = -n^2a \cos\lambda - n_1{}^2a_1 \cos\lambda_1 - n_2{}^2a_2 \cos\lambda_2 - \ldots - n_n{}^2a_n \cos\lambda_n \\ Y = -n^2a \sin\lambda - n_1{}^2a_1 \sin\lambda_1 - n_2{}^2a_2 \sin\lambda_2 - \ldots - n_n{}^2a_n \sin\lambda_n \end{cases}$$

welche Gleichungen mit den für $\frac{d^2x}{dt^2}$ und $\frac{d^2y}{dt^2}$ entwickelten bekannten Ausdrücken identisch sind. Zerlegt man aber die Kräfte nach der Richtung des Radiusvector r und einer darauf verticalen Richtung, und nennt diese Zerlegungen resp. T und V, so kommt man mittels einiger einfachen Betrachtungen sehr bald auf die Gleichungen:

$$57)\ \begin{cases} T = -n^2a \cos(\lambda - l) - n_1{}^2a_1 \cos(\lambda_1 - l) - n_2{}^2a_2 \cos(\lambda_2 - l) - \ldots \\ V = -n^2a \sin(\lambda - l) - n_1{}^2a_1 \sin(\lambda_1 - l) - n_2{}^2a_2 \sin(\lambda_2 - l) - \ldots, \end{cases}$$

wo l den Winkel bezeichnet, welchen der Radiusvector r mit der als festen Axe angenommenen Abscissenaxe macht. Weil man nun jede Function irgend einer veränderlichen Größe in eine nach den Sinussen oder Cosinussen der Vielfachen der veränderlichen Größe fortlaufende Reihe entwickeln kann, so ist es demnach auch möglich, jede Bewegung eines Punktes mittels Zusammensetzung gleichförmiger Kreisbewegungen so nahe als man will, oder doch wenigstens jedes endliche Stück irgend einer Bewegung darzustellen. Mithin kann man auch die nahe kreis- und gleichförmige Bewegung der Planeten darstellen durch die Zusammensetzung einer die mittlere Bewegung eines Planeten darstellenden gleichförmigen Kreisbewegung mit andern Bewegungen der nämlichen Art, nur daß bei den letztern die Kreisradien viel kleiner als der bei der erstern Bewegung sind. M ö b i u s zeigt, daß man, wenn r der Radiusvector, l die wahre Anomalie, a die mittlere Entfernung und λ die mittere Anomalie des Planeten bezeichnen, weil man resp. a und a $(\lambda - l)$ statt a $\cos(\lambda - l)$ und a $\sin(\lambda - l)$ und dann λ statt l setzen könne, indem $\lambda - l$ bei allen planetarischen Bewegungen nur eine sehr kleine Größe ist, stets die Gleichungen erhalten werde:

$$58)\ \begin{cases} r = a\ \{1 + f_1 \cos(\lambda_1 - \lambda) + f_2 \cos(\lambda_2 - \lambda) + f_3 \cos(\lambda_3 - \lambda) + \ldots\} \\ l = \lambda + f_1 \sin(\lambda_1 - \lambda) + f_2 \sin(\lambda_2 - \lambda) + f_3 \sin(\lambda_3 - \lambda) + \ldots \end{cases}$$

indem $a_1 = af_1$, $a_2 = af_2$, $a_3 = af_3$ ..... gesetzt worden und f_1, f_2, f_3 .... sehr kleine Größen sind. **Die Gleichungen 58) stellen die wahre Bewegung eines Planeten sehr nahe dar.** a und λ sind gleichsam die mittlern Glieder und $f_1 \cos(\lambda_1 - \lambda)$, $f_2 \cos(\lambda_2 - \lambda)$ ..... und $f_1 \sin(\lambda_1 - \lambda)$, $f_2 \sin(\lambda_2 - \lambda)$ ..... drücken dasjenige

aus, was wegen der Excentricität der Planetenbahn und wegen der Störungen noch zum mittlern Orte hinzugefügt werden muß, um den durch l und r bestimmten wahren Ort des Planeten in seiner Bahn zu bekommen. Endlich gehen unter diesen Voraussetzungen die Gleichungen 57), wie **Möbius** ebenfalls zeigt, über in

$$59) \begin{cases} T = -a \{n^2 + n_1{}^2 f_1 \cos(\lambda_1 - \lambda) + n_2{}^2 f_2 \cos(\lambda_2 - \lambda) + \ldots\} \\ V = -a \{n^2(\lambda_1 - \lambda) + n_1{}^2 f_1 \sin(\lambda_1 - \lambda) + n_2{}^2 f_2 \sin(\lambda_2 - \lambda) + \ldots\}. \end{cases}$$

Auf eine solche höchst einfache und sinnreiche Weise fährt der mehrgenannte Verfasser fort, die hauptsächlichsten Störungen in der Mondsbewegung, nämlich die Variation, jährliche Gleichung und Evection, ferner das Vorwärtsgehen der Apsiden, die Säculargleichung, die hauptsächlichste Störung in der Mondbreite, ferner die Störungen der Planeten besonders zu entwickeln. Es versteht sich freilich von selbst, daß durch die Näherungsformeln 58) und 59) nicht auch die kleinern Störungen bestimmt werden können. Demungeachtet können wir unsern Lesern nicht genug empfehlen, des Verfassers schon oben angeführtes Werk, auf das wir ohnedies hier der weitern Ausführung wegen verweisen müssen,. selbst zu studiren, welches Werk auch als Lehrbuch der Mechanik betrachtet, dem Leser eine Einsicht in die Mechanik des Himmels verschafft, ohne, wie bereits erwähnt, von höhern Rechnungen, wie sie bei **Laplace**, **Lagrange**, **Gauß** und andern vorausgesetzt werden, Kenntnisse zu besitzen.

Was endlich die **Bewegung gasförmiger Körper im Allgemeinen**, die **Bewegung derselben in Röhren und durch Oeffnungen**, sowie die **Untersuchungen der Kraft, welche bewegte expansible Flüssigkeiten ausüben, mit der sie gegen andere Körper stoßen**, betrifft, so bilden dieselben die drei Haupttheile der Aërodynamik oder Pneumatik. Wir müssen daher, und weil dies meistens geschieht (aber auch um gegenwärtigen Artikel nicht zu verhältnißmäßig auszudehnen), diese wichtigen Gegenstände in den Art. **Aërodynamik** verweisen. Ebenso wird die **Lehre von der Bewegung des Wassers** am geeignetsten an einem andern Orte abgehandelt (s. d. folg. Art.) werden.

Literatur. Die vorzüglichsten Werke, welche meistens die Lehre von der Bewegung überhaupt abhandeln, sind nach der Zeitfolge nachstehende:

Wallis, Mechanica. III. Lond. 1660; — **des Cartes**, Traité de méc. Par. 1668; — **Newton**, Principia mathem. philos. nat. 3. Ausg. Lond. 1726, 4. Ausg. Genf 1739; — **Euler**, Mechanica seu motus scientia, 2 Voll. Petersb. 1736; — **Camus**, élém. de méc. 2 Voll. Par. 1751; — **Lacaille**, Léç. élém. de méc, Par. 1757; — **Euler**, Theoria mot. corp. rigid. Rostock u. Greifsw. 1790; — **Kästner**, Anfangsgr. d. höh. Mech. Gött. 1793; — **Lagrange**, Méc. analyt. 2 Voll. Par. 1788; übers. v. **Murhard**, Gött. 1797; neue Aufl. d. Originals, Par. 1814; — **Parkinson**, Syst. of Mechanics, Lond. 1789; — **d'Alembert**, Traité de dynam. Par. 1796 (neueste Aufl.); — **Laplace**, Méc. cél. V Voll. Par. (hiervon auch eine deutsche Uebers. v. J. K. **Burckhardt**); — **Ide**, Theorie d. Beweg. nach **Laplace**, 1800; — **Francoeur**, Traité des élém. de méc. 4. éd. Par. 1807; — **Langsdorf**, Handb. der gemein. u. höh. Mech. Heidelb. 1807; — **Bézout**, la mécanique revue par Garnier, Par. 1814. II Voll.; — **Prony**, Leç. de méc. analyt. Par. 1815; — **G. W. Brandes**,

Lehrb. d. Gesetze des Gleichgew. u. der Beweg. Leipz. 1817; — Eytelwein, Handb. d. Mechan. fester Körper, Leipz. 1823; — O. Gregory, theoretisch-praktische u. beschreibende Darstellg. d. mech. Wissensch., übers. v. J. F. W. Dietlein, Halle 1828; — F. J. R. v. Gerstner, Handb. d. Mech., Prag 1831; — Lardner, on mechanics, Lond. 1831; — Poisson, Traité de méc. II Voll. Neue Aufl. Par. 1833; deutsch v. Stern, Berl. 1835. Poisson, Traité de Dynamique (wovon die deutsche Bearbeitung von Schmidt die beste ist); — W. Whewell, a treatise on dynamics, Cambridge 1836; — M. Navier, résumé des léç. de méc. etc. Par. 1841; — Kaiser, Handb. d. Mech. ohne höhere Analysis, Karlsr. 1842; — Möbius, Mechanik d. Himmels, Leipz. 1843; J. A. Grunert, Lehrb. d. Mathem. u. Physik. III. Theil. Erste Abthlg. (Physik, 1. Abthlg.). — In Betreff der die Ballistik behandelnden Werke siehe d. Art. Ballistik zu Ende. — Eine sehr geistreiche populär abgefaßte Vorlesung über „Gleichgewicht und Bewegung" ist in Bessel's Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände. (Hamburg 1848.) S. 458—499. enthalten. J.

Bewegung des Wassers in Canälen und Flüssen. Das Wasser fließt entweder in oben offenen oder in ringsum verschlossenen, in natürlichen oder in künstlichen Leitungen. Die fließenden Wasser in natürlichen Leitungen, welche fast immer oben offen sind, sind Ströme, Flüsse und Bäche; die in künstlichen offenen Leitungen aber Canäle, Gerinne und Gräben, welche sich dadurch von einander unterscheiden, daß die Canäle schiffbar und größer sind als die Gräben, die Gerinne aber nicht in die bloße Erde gegraben sind, sondern aus Holz, Thon, Stein oder Eisen bestehen. Künstliche, rings umschlossene Wasserleitungen heißen Röhrenleitungen (s. d. Art. und Ausfluß). Im weitern Sinne nennt man jedes in einer natürlichen Leitung fließende Wasser einen Fluß, jedes in einer künstlichen fließende aber einen Canal. — Diejenige Höhlung in der Erdoberfläche, worin das Wasser fließt, heißt Bette oder Rinnsel (franz. lit; engl. bed oder channel); dasselbe besteht aus dem Grundbette oder der Sohle und den beiden Ufern. Durchschneidet man ein fließendes Wasser mit einer gegen die Richtung desselben senkrechten Ebene, so erhält man den Querschnitt desselben; dessen Umfang bildet das Quer- oder Breitenprofil, welches wieder aus dem Wasser- und dem Luftprofil besteht, indem jenes der mit Wasser benetzte, dieses der nicht benetzte Theil des Umfangs ist. Legt man eine Verticalebene in der Richtung des fließenden Wassers durch dasselbe, so erhält man den Längendurchschnitt und das Längenprofil. — Der Abhang eines fließenden Wassers ist der Winkel, den seine Oberfläche mit dem Horizont bildet. Gewöhnlich giebt man ihn nicht unmittelbar in Graden u. s. w. an, sondern durch das sogenannte Gefälle, d. h. den Verticalabstand der beiden Endpunkte einer Fluß- oder Canalstrecke von bestimmter Länge, oder durch die Rösche, d. h. das relative Gefälle für die Länge 1 oder das Gefälle dividirt durch die Länge (so daß offenbar die Rösche nichts anderes als der Sinus des Abhangs ist). So sagt man z. B., die Elbe hat zwischen Hohenelbe und Podiebrad auf eine Meile ein Gefälle von 57 Fuß; die Moldau zwischen Budweis und Prag auf 100800 Klaftern oder 604800 Fuß, ein Gefälle von $627^1/_2$ Fuß u. s. w. Im letztern Falle ist die Rösche $= \frac{627{,}5}{604800} = 0{,}001 \ldots.$

In demselben Querprofile ist die Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen

verschieden und zwar nimmt sie von der Oberfläche nach dem Bette zu ab und ist am Boden und in der Nähe der Ufer am kleinsten, weil die den Wänden des Bettes näher liegenden Wassertheile in Folge der Adhäsion des Wassers am Bette in ihrer Bewegung mehr aufgehalten werden. Bei geraden oder wenig gekrümmten Ufern findet sich die größte Geschwindigkeit meist in der Mitte, senkrecht über der größten Tiefe; bei Krümmungen oder Serpentinen aber liegt sie weit näher nach der concaven Seite des Ufers. Die Stelle der größten Geschwindigkeit nennt man den Stromstrich (franz. fil de l'eau; engl. axis of streamy), die tiefste Stelle im Bette aber die Stromrinne. Uebrigens bildet das Luftprofil nicht genau eine horizontale gerade Linie, sondern weil die im Wasserspiegel befindlichen Elemente mit verschiedenen Geschwindigkeiten an einander hingehen und daher gegen einander mit ungleicher Stärke drücken, so stellen sich die schnelleren Elemente über die langsameren und deshalb steht das Wasser im Stromstriche am höchsten, an den Ufern am tiefsten.

Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers innerhalb eines Querschnittes ist diejenige, welche jedes Wassertheilchen haben müßte, wenn in einer gegebenen Zeit so viel Wasser durchfließen sollte, als bei den verschiedenen innerhalb des Querschnitts vorkommenden Geschwindigkeiten wirklich durchfließt; sie wird daher gefunden, wenn man die in einer Secunde durchfließende Wassermenge durch den Inhalt des Querschnitts dividirt. Die mittlere Wassertiefe aber ist diejenige Tiefe, welche einen Querschnitt an allen Stellen haben müßte, um ebenso viel Inhalt zu haben, als es bei den veränderlichen Tiefen wirklich hat; mithin gleich dem Quotienten aus dem Inhalte des Querschnittes und der oberen Breite desselben.

Ein Fluß ist im Beharrungszustande (franz. permanence; engl. permanency), wenn durch jeden seiner Querschnitte in gleicher Zeit eine gleich große Wassermenge fließt, oder wenn das Product aus dem Inhalte des Querschnittes und der mittlern Geschwindigkeit desselben für die ganze Flußstrecke unveränderlich ist. Hieraus folgt, daß bei einem im Beharrungszustande befindlichen Flusse oder bei der permanenten Bewegung des Wassers die mittlern Geschwindigkeiten zweier Querschnitte sich umgekehrt, wie diese selbst verhalten müssen. Sind die Querschnitte durchgehends gleich groß, so ist die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im ganzen Längenprofile constant und mithin die Bewegung des Wassers in demselben gleichförmig.

Wenn man die Wassertiefe an irgend einer Stelle eines fließenden Wassers als Abscisse ansieht, in gleiche Theile theilt und die den einzelnen Theilpunkten entsprechenden Geschwindigkeiten darauf senkrecht als Ordinaten aufträgt, so erhält man eine Geschwindigkeitsscale. Mit Bestimmung derselben aus Beobachtungen haben sich namentlich die Hydrauliker Ximenes, Brünnings, Wiebeking und Woltmann beschäftigt, deren Versuche sämmtlich darin übereinstimmen, daß die Geschwindigkeit nahe unter der Oberfläche am größten ist und von da nach oben nur wenig, nach unten aber stark abnimmt. Die Endpunkte derselben bilden eine Curve, nach Gerstner einen elliptischen Bogen; doch kann man dafür ohne großen Fehler eine gerade Linie substituiren und annehmen, daß die Geschwindigkeit nach der Tiefe gleichmäßig abnimmt. Für die Geschwindigkeit v in der Tiefe x unter der Oberfläche nimmt Gerstner folgenden Ausdruck an:

$\frac{v^2}{2g} = a - bx - cx^2$ (wo g die Beschleunigung der Schwere = 9,809 Meter = 31,25 F.), und findet aus den Beobachtungen von Ximenes im Arno die unbestimmten Coefficienten a = 1,95140; b = 0,01657; c = 0,00116, wenn v in rheinl. Zollen, x in rheinl. Fußen ausgedrückt wird. Eytelwein findet für die Geschwindigkeit v in x Fuß Tiefe, wenn v_0 die an der Oberfläche stattfindende oder größte bezeichnet, $v = (1 - 0{,}008.\ x)\ v_0$, was als mittlere Geschwindigkeit $v = (1 - 0{,}004.\ h)\ v_0$ giebt, wo h die Tiefe des Flusses bezeichnet. Aus den Versuchen von Ximenes, Brünings und Funk folgt die mittlere Geschwindigkeit = 0,915 v_0, wenn v_0 die an der Oberfläche ist; hiernach folgt die Geschwindigkeit am Grunde = 0,83 v_0. Ist die ganze Tiefe = h, so hat man unter Voraussetzung einer geraden Linie für die Tiefe x unter dem Wasser die Geschwindigkeit $x = \left(1 - 0{,}17\ \frac{x}{h}\right) v_0$. Nimmt man endlich an, daß die Geschwindigkeit vom Stromstriche aus nach dem Ufer zu ebenso wie nach der Tiefe zu abnimmt, so hat man für die mittlere Oberflächengeschwindigkeit wieder 0,915 v_0 und erhält für die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Querschnitt $v = 0{,}915^2.\ v_0 = 0{,}837\ v_0$.

Aus den in kleinen Gräben angestellten Versuchen von du Buat findet Prony die mittlere Geschwindigkeit für Metermaß $v = \left(\frac{v_0 + 2{,}372}{v_0 + 3{,}153}\right) v_0$, und bemerkt, daß für mäßige Geschwindigkeiten von etwa 3 Fuß hinreichend genauer $v = 0{,}8\ v_1$ gesetzt werden könne.

In Folge der Adhäsion, Klebrigkeit und Reibung des Wassers setzt das Bette der Bewegung desselben immer einen gewissen Widerstand entgegen, der mit der Berührungsfläche zwischen dem Bette und dem Wasser, mithin auch mit der Größe des Wasserprofils wächst und diesem direct, dem Inhalte des Querschnittes aber umgekehrt proportional ist. Um daher den Reibungswiderstand so klein als möglich zu machen, muß man dem Querprofil eine solche Gestalt zu geben suchen, daß der Umfang bei gegebenem Inhalt möglichst klein oder der Inhalt bei gegebenem Umfange möglichst groß ist. Da nun der Kreis einen größern Inhalt hat, als jede andere gerad- oder krummlinige Figur von gleichem Umfange, so ist er bei ringsumschlossenen Wasserleitungen dasjenige Querprofil, welches dem kleinsten Reibungswiderstande entspricht. Bei oben offenen Wasserleitungen kommt die obere Seite oder das sogenannte Luftprofil nicht in Betracht, da die Luft der Bewegung des Wassers keinen oder doch nur einen verschwindend kleinen Widerstand entgegensetzt; demnach ist für Canäle der Halbkreis das vortheilhafteste Querprofil, dem sich das halbe regelmäßige Sechseck, Achteck, Zehneck u. s. w. desto mehr annähern, je mehr Seiten sie haben. In der Regel kommen bei Canälen, Gräben und Gerinnen nur rectanguläre und trapezoidale Querschnitte vor; vom ersteren giebt das halbe Quadrat oder Rechteck, welches halb so hoch als breit ist, vom letztern das halbe regelmäßige Sechseck oder das Trapez mit Böschungswinkeln von 60° den kleinsten Reibungswiderstand. Nur bei hölzernen, steinernen oder eisernen Gerinnen werden die Querprofile nach dem Halbkreise oder dem Rechtecke, bei gemauerten und ausgegrabenen Canälen aber nach Trapezen construirt. Bei Canälen, die in der lockern Erde oder in Sand gegraben werden, ist jedoch der

Böschungswinkel von 60 Grad zu groß und würde den Ufern keine hinreichende Stabilität geben; man muß dann diesen Winkel als eine von der Natur des Erdreichs abhängige Größe ansehen. Ist der Böschungswinkel β, so erhält man bei gegebenem Inhalte f die zweckmäßigste Form des trapezoidalen Querprofils, wenn man die Tiefe $a = \sqrt{\frac{f \sin \beta}{2 - \cos \beta}}$, die untere Breite $= \frac{f}{a} - a \cot. \beta$ nimmt. Canälen, die bald größere, bald kleinere Wassermengen fortführen sollen, giebt man am besten eine große Böschung und macht also die untere Breite viel kleiner als die obere, damit die Geschwindigkeit weder bei kleinem Wasserstande zu klein, noch bei großem zu groß ausfällt.

Bei der gleichförmigen Bewegung des Wassers wird das ganze Gefälle h nur auf die Ueberwindung der Reibung des Wassers im Bette verwendet. Da nun der Reibungswiderstand dem Umfange p des Wasserprofils der Länge l und dem Quadrat der mittlern Geschwindigkeit v direct, dem Inhalte des Querschnitts f indirect proportional ist, so kann man $h = \frac{m l p v^2}{2 f g}$ setzen, wo m eine erst durch Beobachtungen zu bestimmende Zahl bezeichnet, die der Coefficient des Reibungswiderstandes genannt wird. Eytelwein findet aus 91 Beobachtungen von du Buat, Brünings, Funk und Woltmann $m = 0{,}007565$. Indessen ist dieser Coefficient nicht constant, sondern bei kleinen Geschwindigkeiten etwas größer, bei großen etwas kleiner. Lahmeyer *) findet aus 255 Versuchen $m = 0{,}007409 \left(1 + \frac{0{,}00299}{v}\right)$, wenn die Geschwindigkeit v in preuß. Fußen, oder $m = 0{,}007409 \left(1 + \frac{0{,}00939}{v}\right)$, wenn sie in Metern ausgedrückt ist. Für eine Geschwindigkeit $v = 1^1/_2$ Fuß geben diese Formeln den oben angegebenen Coefficienten $m = 0{,}007565$. Die Theorie der ungleichförmigen Bewegung des Wassers in Flußbetten läßt sich auf die der gleichförmigen zurückführen, indem man den Reibungswiderstand auf einer kurzen Strecke als constant ansehen kann.

Aendern Flüsse oder Canäle ihren Wasserstand, indem sie anschwellen oder abnehmen, so ändert sich auch die Geschwindigkeit. Erhöhung des Wasserstandes hat nicht nur einen größern Querschnitt, sondern auch eine größere Geschwindigkeit und aus beiden Gründen eine größere Wassermenge zur Folge. Kennt man die anfängliche Tiefe a, die spätere a_1, die obere Breite des Canals b, den anfänglichen Querschnitt f, den anfänglichen Umfang des Wasserprofils p, den Böschungswinkel der Ufer β, so ist für den Fall einer Anschwellung der relative Zuwachs der Geschwindigkeit $\frac{v_1 - v}{v} = (a_1 - a)\left(\frac{b}{2f} - \frac{1}{p \sin \beta}\right)$ und der relative Zuwachs der Wassermenge $\frac{q_1 - q}{q} = (a_1 - a)\left(\frac{3b}{2f} - \frac{1}{p \sin \beta}\right)$, wofür man bei breiten Canälen mit geringer Böschung mit annähernder Genauigkeit setzen kann resp. $\frac{v_1 - v}{v} =$

*) Erfahrungsresultate über die Bewegung des Wassers in Flußbetten und Canälen. Braunschweig 1845.

$^1/_2 \frac{a_1-a}{a}$ und $\frac{q_1-q}{q} = {}^3/_2 . \frac{a_1-a}{a}$. Demnach ist unter der angegebenen Voraussetzung die relative Veränderung der Geschwindigkeit die Hälfte, die relative Veränderung der Wassermenge aber das Anderthalbfache von der relativen Veränderung des Wasserstandes.

Schließlich theilen wir einige Angaben über die Gefälle und Geschwindigkeiten der Ströme, Flüsse und Bäche mit. Bei Strömen heißt ein Gefälle groß, wenn es 16—60 rheinl. Fuß, klein, wenn es nur 1—6 Fuß auf eine deutsche Meile beträgt, wonach ein Gefälle von 6—16 ein mittleres ist; bei Bächen im Tieflande beträgt das Gefälle 20—40 Fuß; bei Gebirgshöhen heißt ein Gefälle von 36—50 F. ein kleines, eins von 60—150 F. ein mittleres, eins von 150—400 Fuß ein großes; bei Wildbächen kommen sogar Gefälle von 2000 Fuß auf die Meile vor. Die Elbe hat folgende Gefälle auf eine deutsche Meile:

von	Hohenelbe	bis	Podiebrad	57 Fuß
=	Podiebrad	=	Leitmeritz	9 =
=	Leitmeritz	=	Mühlberg	5,8 =
=	Mühlberg	=	Magdeburg	2,5 =

Der Rhein hat von Laufenburg bis Basel 51 F., von Basel bis Kehl 20 F., von Kehl bis Mannheim 8 F., von Mannheim bis Mainz und von Cöln bis Wesel $3^1/_2$ F., von Mainz bis Cöln $5^1/_2$ F. Gefälle auf die Meile; — die Donau von der Quelle bis Ingolstadt $25^1/_2$ F., von Ingolstadt bis Wien 10, von Wien bis Pesth $8^3/_4$, von Pesth bis zur Mündung $1^3/_4$ F.; — die Rhone von Genf bis Bellegarde 68, von Bellegarde bis St. Genir und von Logette bis Lyon 22, von St. Genir bis Logette 15, von Lyon bis zum Meere $11^1/_2$ F. auf die Meile.

Die Geschwindigkeit eines Flusses heißt eine große, wenn sie 6—8 F., eine mittlere, wenn sie 3—6 F., eine kleine, wenn sie noch nicht 3 F. in der Secunde beträgt; nur in seltnen Fällen steigt sie bei Flüssen auf 12—13 Fuß. Die der Elbe beträgt bei Jaromierz 7 F., bei Königstein 5, unterhalb Dresden 3,4, die Geschwindigkeit des Rheins bei Basel beim höchsten und niedrigsten Wasserstande nach Tulla resp. 13 und 6, nach Escher resp. 7,7 und 3,5 F., bei Mannheim resp. 4,63 und 2,4 F., bei Coblenz 5, bei Düsseldorf 4, bei Emmerich 3 F.; die der Donau bei Ulm 6,4 F., an der bairisch-österreichischen Grenze $4^1/_2$ F.; die der Rhone bei Beaucaire 8 F., bei Arles $4^1/_2$ Fuß. M.

Biegsamkeit, s. Festigkeit.

Bierwage, s. Aräometer.

Birnprobe, s. Luftpumpe.

Bläue des Himmels, s. Farbe des Himmels.

Blasebalg, s. Gebläse.

Blasinstrumente, s. Musikalische Instrumente.

Blei, Plumbum, Saturnus (Atomgewicht = 1294,6 und chemisches Zeichen Pb), ist ein seit den ältesten Zeiten bekanntes Metall, welches in der Natur außerordentlich selten im gediegenen Zustande vorkommt, selten als reines Oxyd (natürliche Mennige), häufiger das Oxyd in Verbindung mit Kohlensäure (Weißbleierz, Bleispath), Schwefelsäure (Vitriolbleierz), Phosphorsäure (Grün-, Braunbleierz), Arseniksäure, Chromsäure, Molybdänsäure und Wolframsäure; bei weitem die größte Menge des Bleis findet man in der Natur verbunden mit Schwefel in

deutlichen, dem regulären Systeme angehörenden Krystallen als Bleiglanz, im dichten Zustande als Bleischweif und im erdigen als Bleimulm; das Schwefelblei vereinigt sich außerdem mit andern Schwefelmetallen zu zahlreichen, oft schön krystallisirten natürlichen Schwefelsalzen. Das Ausbringen des Bleis aus den Bleierzen, namentlich dem Bleiglanz, ist an sich sehr einfach und wird nur complicirter, wo andere Schwefelmetalle den Erzen beigemengt sind, wie Schwefelzink, Schwefelantimon, Schwefelarsenik, und besonders wenn auf die Gewinnung des Kupfers und Silbers aus den Bleierzen zugleich Rücksicht genommen werden muß. Wir verweisen deswegen auf die Artikel Kupfer und Silber und bemerken hier nur, daß man namentlich zweierlei Methoden zur Gewinnung des metallischen Bleis aus dem Bleiglanze anwendet, einmal die sogenannte Röstarbeit und sodann die Niederschlagsarbeit. Bei der Röstarbeit wird das Erz in hierzu eingerichteten Oefen bei Zutritt der atmosphärischen Luft anhaltend erhitzt oder geröstet, und dadurch von einem Theile seines Schwefelgehaltes befreit; nach dem Rösten hat man ein Gemenge von Blei, Bleioxyd, schwefelsaurem Bleioxyd und unzersetztem Schwefelblei, welches in Schachtöfen oder auch in Flammenöfen mit Kohle (Holzkohle, Cooks oder Steinkohlen) meist unter Zusatz von Kalk, um die sich bildende Schlacke bleiärmer zu machen, niedergeschmolzen wird. Die Producte dieses Schmelzens sind Werkblei, welches wegen seiner Schwere die unterste Schicht im Ofen bildet und für sich in eisernen Formen zur Bildung von parallelepipedischen Blöcken abgelassen wird; Bleistein, welcher noch bedeutende Mengen von Schwefelblei und andern Schwefelmetallen enthält und deswegen von Neuem wiederholt geröstet und theils für sich, theils mit frischem Erz gemengt verschmolzen wird; Schlacken, von denen die gut geflossenen bleiarmen als Flußmittel bei neuen Schmelzungen angewendet werden, die zähflüssigen aber, welche noch viel Blei enthalten, abermals mit Bleierz aufgearbeitet werden. Das durch das Rösten der Bleierze erzeugte basisch schwefelsaure Bleioxyd bildet beim Niederschmelzen mit dem noch unverändert gebliebenen Bleierze niedrigeres Schwefelblei (Pb^2S), aus welchem das Metall, indem der Rückstand sich höher schwefelt, bei gelinder Hitze absaigert ($2\,Pb^2S = 2\,PbS + 2\,Pb$), während der Zusatz von Kalk dazu dient, das Bleioxyd aus den Schlacken auszuscheiden und diese strengflüssiger zu machen durch die Bildung des Schwefelcalciums; der oft auch zugesetzte Flußspath giebt dagegen den Schlacken den nöthigen Grad der Flüssigkeit wieder. Die Niederschlagsarbeit wird ohne vorhergehendes Rösten vorgenommen und beruht auf der größeren chemischen Verwandtschaft des Schwefels zum Eisen als zum Blei und auf der Leichtflüssigkeit des gebildeten Schwefeleisens; die Bleierze werden mit Eisengranalien oder zum Theil auch mit Eisenfrisch-Schlacken (welche letzteren Eisenoxydul enthalten, bei dessen Reduction der Schwefel theilweise in schwefelige Säure verwandelt wird) gemengt und in Hohöfen oder Halbhohöfen niedergeschmolzen, wodurch man Blei, Schlacken und bleihaltiges Schwefeleisen erhält, welches letztere geröstet und abermals verschmolzen wird. Um aus dem Werkblei das in ihm gewöhnlich enthaltene Silber zu gewinnen, wird es auf dem Treibherde oxydirt; die gebildete Bleiglätte wird wieder durch Kohle reducirt zu Weichblei, Frischblei oder Kaufblei. Um das chemisch reine Metall darzustellen, glüht man entweder das durch wiederholte Krystallisation gereinigte salpetersaure Bleioxyd und reducirt das gebildete Bleioxyd in einem Tiegel mittelst Kohle, — oder man glüht gut ausgewaschenes oxalsaures Bleioxyd im verschlossenen Tiegel,

— oder man fällt Bleizuckerlösung durch Schwefelsäure, wäscht das ausgeschiedene schwefelsaure Bleioxyd gut aus und glüht dasselbe im verschlossenen Tiegel heftig mit 2 At. Kohle.

Das chemisch reine Blei krystallisirt unter geeigneten Umständen in regelmäßigen Oktaedern, ist weich, zähe und abfärbend, läßt sich zu dünnen Platten auswalzen, aber nicht zu Draht ziehen, ist bläulich grau und stark glänzend, hat ein specif. Gewicht nach Morveau = 11,358, nach Kupffer = 11,3305, nach Karsten = 11,3888 und nach Berzelius (möglichst rein) = 11,445; es dehnt sich bei der Erwärmung von 0° bis 100° um ungefähr $^1/_{350}$ aus, schmilzt nach Morveau bei 312°, nach Rudberg bei 325°, nach Kupffer bei 334°, verdampft bei heftiger Rothglühhitze und geräth beim Weißglühen ins Kochen. Ist das Blei durch fremdartige Metalle, wie Arsenik, Kupfer, Antimon, Zink verunreinigt, so ist es hart (Hartblei) und ebenfalls durch eine Beimengung von Bleioxyd wird seine Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit bedeutend vermindert. Das metallische Blei wird namentlich zu Platten verarbeitet, aus welchen Tabakblei, Fensterblei, Dachplatten etc. verfertigt werden; auch macht man noch häufig bleierne Cisternen und Wasserröhren, obgleich diese wegen der Bildung von kohlensaurem Bleioxyd und Auflösung desselben in dem kohlensauerhaltigen Wasser der Gesundheit leicht nachtheilig werden können. Große Mengen Blei werden verwendet zur Bereitung von Bleiweiß, Bleigelb, Mennige, Bleizucker etc. zur Reindarstellung des Silbers, zu mancherlei Legirungen mit Zinn, Wismuth und anderen Metallen, wie auch besonders zur Fabrikation von Schrot, zu welchem letzteren Zwecke man dem Hartblei metallisches Arsenik, Schwefelarsenik (Operment) oder weißes Arsenik (arsenige Säure) in einem bestimmten Verhältnisse ($^1/_3$ bis 1 Pfund auf den Centner) zusetzt, um dadurch das Blei härter, dünnflüssiger zu machen und den Schrotkörnern eine möglichst vollkommene Kugelform zu verschaffen.

Das Blei bildet mit dem Sauerstoffe verschiedene Oxydationsstufen; das Bleisuboxyd bildet sich als grauer Ueberzug durch Liegen des metallischen Bleis an der atmosphärischen Luft und in größerer Menge durch vorsichtiges Erhitzen von oxalsaurem Bleioxyd bei Ausschluß der Luft; es ist ein bald mattes, bald sammetartig glänzendes schwarzes Pulver. Das Bleioxyd (gelbes), Massikot, Neugelb, Königsgelb, entsteht theils beim Verbrennen des Bleis an der Luft (Bleiblumen, Flores Plumbi), theils durch Glühen des reinen krystallisirten salpetersauren Bleioxyds oder des ganz reinen Bleiweißes; im Großen aber wird es gewonnen durch Schmelzen des Bleis auf einem flachen Herde und fortwährendes Abziehen der sich bildenden Oxydhaut, oder als Nebenproduct bei der Gewinnung von Silber und Gold auf dem Treibherde (Glätte, Bleiglätte, Gold- und Silberglätte, Chrysitis und Argyritis); durch Mahlen und Schlämmen wird es von den beigemischten metallischen Bleitheilchen getrennt. Das Bleioxyd krystallisirt in blaßgelben regelmäßigen Dodekaedern und in rothen Würfeln; gewöhnlich erscheint es als ein citronen- oder röthlich-gelbes Pulver, welches beim Erhitzen sich braunroth färbt, beim Rothglühen schmilzt und beim Erkalten zu einer aus Krystallblättchen bestehenden Masse gesteht (bei Gegenwart einer nur geringen Menge Kieselerde ober beim Schmelzen in einem irdenen Tiegel bildet sich ein amorphes Bleiglas); es sublimirt unter theilweiser Zersetzung in starker Weißglühhitze, und besitzt ein specif. Gewicht nach Karsten = 9,2092 und nach dem Schmelzen, nach Boullay = 9,50. Das Bleioxydhydrat erhält man durch Fällung

einer Bleizuckerlösung mittelst Ammoniak als ein weißes krystallinisches Pulver, welches bei 130° anfängt sich zu zersetzen und bei 145° die ganze Menge seines Wassers verliert; im feuchten Zustande bläut es das geröthete Lackmuspapier und ist ein wenig in Wasser auflöslich. Das Bleioxyd hat große Verwandtschaft zu den Säuren und bildet mit denselben sowohl basische als neutrale, seltener saure Salze; die Bleioxydsalze sind farblos, wenn die Säure nicht eine Färbung hervorbringt, sie sind großentheils in Wasser auflöslich, schmecken dann süßlich zusammenziehend und röthen Lackmus; aus diesen Auflösungen wird das Blei im metallischen Zustande in Form von Dendriten durch Zink, Cadmium, Zinn und langsam durch Eisen gefällt (Bleibaum, Arbor Saturni). Schwefelwasserstoff zeigt in Auflösungen das Blei bis zu $\frac{1}{200000}$ an und bildet dann eine schwache Bräunung, bei größerer Concentration einen schwarzen Niederschlag; bei Gegenwart von viel Salzsäure zeigt sich eine rothe Fällung, welche erst nach und nach braun und schwarz wird. Durch kohlensaures Ammoniak werden die Bleilösungen noch bei Verdünnung mit 50000 Th. Wasser milchig, bei Gegenwart von 200000 Th. Wasser auf 1 Th. Blei nach 10 Minuten noch opalisirend; Schwefelsäure bildet noch so eben einen Niederschlag bei Gegenwart von 20000 Th. Wasser und oxalsaures Alkali bei 100000 facher Verdünnung. Das Bleioxyd wendet man vorzugsweise an zur Darstellung des Bleiglases, der Bleiglasur, von Pflastern, Bleizucker und Mennige, früher auch als Farbe zum Lackiren, wo es aber jetzt durch das chromsaure Bleioxyd allgemein verdrängt ist.

Das Bleihyperoxydul (rothes Bleioxyd, Mennige, Minium, Deutoxide de plomb) erhält man durch längeres dunkles Glühen des reinen Bleioxyds an der Luft (in England besonders aus dem möglichst kupferfreien Blockblei), Pulvern, sorgfältiges Sieben und Schlämmen, nochmaliges vorsichtiges Glühen, bis die Farbe den höchsten Grad der Lebhaftigkeit angenommen hat, wiederholtes Pulvern, Schlämmen ꝛc. Das sogenannte Pariserroth ist mehr orangefarben, wird durch sehr vorsichtiges Glühen von kohlensaurem Bleioxyd gewonnen und enthält noch 4 bis 5 Proc. Kohlensäure beigemischt. Die Mennige ist ein hell scharlachrothes, krystallinisch-körniges Pulver von verschiedenen Farbennüancen und von 9,096 specif. Gewicht, wird bei der Erhitzung zuerst noch lebhafter roth und dann violettfarbig; es verliert bei stärkerer Rothglühhitze 2,4 Proc. Sauerstoff und verwandelt sich wieder in geschmolzenes gelbes Oxyd; es giebt schon bei gewöhnlicher Temperatur an viele oxydirbare Körper Sauerstoff ab und entbindet aus Salzsäure Chlorgas. Die Mennige ist ein mechanisches von Bleioxyd und Bleihyperoxyd, oftmals nach bestimmten atomistischen Verhältnissen zusammengesetzt ($Pb^3O^4 = 2PbO + PbO^2$), doch auch davon abweichend; das Bleioxyd läßt sich von dem Hyperoxyd trennen durch Behandlung mit verdünnten Säuren, wie Salpetersäure, Schwefelsäure, Essigsäure u. a. Die Mennige dient als Malerfarbe, zum Färben von Papier, zur Darstellung von Bleiglas, Flintglas und zu Glasuren. Das Bleihyperoxyd (braunes Bleioxyd) $= PbO^2$ erhält man auf die angeführte Weise oder durch Schmelzen des Bleioxyds mit chlorsaurem Kali; es ist ein krystallinisch-blätteriges dunkel-rothbraunes Pulver von 8,933 (Karsten) specif. Gewicht, welches mit mehreren basischen Oxyden Verbindungen eingeht, in welchen es die Rolle einer Säure spielt (bleisaure Salze; die Mennige kann als bleisaures Bleioxyd betrachtet werden).

Das Blei verbindet sich mit dem Schwefel in mehreren Verhältnissen,

welche Verbindungen sowohl auf nassem als auf trocknem Wege dargestellt werden können; das gewöhnliche durch Fällung der Bleioxydauflösungen mittelst Schwefelwasserstoff erhaltene Einfach-Schwefelblei ist wie der natürliche Bleiglanz zusammengesetzt. Mit Chlor, Brom und Jod vereinigt sich das Blei nur in einem einzigen Verhältnisse; das Chlorblei oder Bleichlorid (Magisterium Plumbi) krystallisirt in weißen seidenglänzenden Nadeln, ist in 135 Th. heißem und weniger heißem Wasser auflöslich, von salzsäurehaltigem Wasser gebraucht es 1636 Th. zur Auflösung; es kommt in der Natur in Verbindung mit kohlensaurem Bleioxyd als Hornblei vor ($PbCl + PbO, CO^2$) und bildet mit Bleioxyd vereinigt mehrere Mineralien und künstliche Präparate, von welchen letzteren das englische Gelb oder Turner's Patentgelb durch Behandlung feingemahlener Bleiglätte mit $^1/_4$ bis $^1/_8$ Kochsalz und Wasser, das Casseler Gelb durch Schmelzen eines Gemenges von 1 Th. Salmiak mit 10 Th. Massikot bereitet wird ($^1/_8$ basisches Bleichlorid $= PbCl + 7PbO$).

Von den Salzen des Bleioxydes sind mehrere von Bedeutung für die Medicin und die technischen Gewerbe; zu den wichtigsten unter diesen gehört das kohlensaure Bleioxyd. Die Kohlensäure verbindet sich in mehreren Verhältnissen mit dem Bleioxyd: das halbkohlensaure Bleioxyd ($2PbO, CO^2 + aq.$) bildet sich als Ueberzug auf Bleiplatten, welche unter Wasser der Luft längere Zeit ausgesetzt werden; es kann als Farbe nicht gebraucht werden, weil es nicht die deckende Eigenschaft des Bleiweißes besitzt. Das meiste im Handel vorkommende Bleiweiß ist wahrscheinlich zwei Drittel kohlensaures Bleioxyd oder neutrales kohlensaures Bleioxyd verbunden mit Bleioxydhydrat $2(PbO, CO^2) + PbO, HO$). Die Darstellung des Bleiweißes beruht auf der Fähigkeit des Bleioxydes, aus einer Auflösung von basisch-essigsaurem Bleioxyd mittelst freier Kohlensäure niedergeschlagen zu werden; das Bleioxyd für sich allein absorbirt nur sehr langsam die Kohlensäure und bildet nur halb-kohlensaures Salz und es muß daher der Bildung des Bleiweißes immer die des basisch-essigsauren Bleioxydes vorausgehen. Die neuere Bereitungsweise des Bleiweißes besteht darin, daß man in eine mit Bleiglätte gesättigte Auflösung von Bleizucker direct die Kohlensäure hineinleitet, von dem Niederschlage des Bleiweißes die Flüssigkeit abgießt, diese wiederum mit Bleioxyd sättigt, dann abermals Kohlensäure durchleitet 2c. (französische Methode), oder man macht einen Teig von etwa 100 Th. feingeriebener Bleiglätte mit der wässerigen Lösung von 1 Th. Bleizucker, läßt unter beständiger Bewegung mittelst geriefter Walzen Kohlensäure mit diesem Brei in Berührung treten, bis dieselbe nicht weiter absorbirt wird und schlämmt die so behandelte Masse mit Wasser aus (englische Methode). Bei der ältern Bereitungsweise, welche noch jetzt an vielen Orten, namentlich in Holland, Deutschland und im nördlichen Frankreich befolgt wird, werden irdene, inwendig glasirte Töpfe zu $^1/_4$ mit Biressig gefüllt, auf dieselben spiralförmig gewundene Bleiplatten lose aufgelegt, in einem Schoppen über Pferdemist reihenweise aufgestellt, mit Bretern und dann mit Mist bedeckt und oft in sechs über einander stehenden Reihen aufgeschichtet; der sich zersetzende Mist entwickelt Wärme und Kohlensäure; die Bleiplatten überziehen sich zuerst mit einer Schicht von Bleioxydhydrat, dieses verbindet sich mit der verdunstenden Essigsäure, und diese Verbindung wird durch die Ausscheidung eines Theils des Bleioxyds als kohlensaures Bleioxyd wieder befähigt mit einer andern Schicht des Bleioxydes sich zu

vereinigen ꝛc. bis nach 4—5 Wochen der größte Theil des Bleis oder die ganze vorhandene Menge in Bleiweiß verwandelt worden ist (holländische Methode). Die sogenannte deutsche Methode zur Darstellung des Bleiweißes, welche man im südlichen Deutschland, namentlich in Klagenfurth und Villach befolgt, unterscheidet sich von der vorhergehenden dadurch, daß man Bleiplatten in hölzerne Kasten hineinhängt, auf deren Boden ein Gemenge von Essig und Weinlager sich befindet, und welche sorgfältig verschlossen in einen luftdicht verschlossenen Raum gestellt werden, welcher mittelst Dampfröhren sehr allmälig immer höher geheizt wird; nach 4—5 Wochen sind dann die Bleiplatten ganz zerfressen, sie werden fein zermahlen, geschlämmt und mit einem Bindemittel, als Stärkegummi versetzt, worauf das Bleiweiß in Formen sich erhärten läßt; das feinste weißeste nennt man Kremserweiß oder Silberweiß. Das Bleiweiß bildet eine reinweiße, erdige, dichte, schwere Masse, die ein specif. Gewicht von 5,55 bis 5,61 hat und von allen weißen Farben die stärkste deckende Kraft besitzt; unter dem Mikroskope betrachtet besteht es aus nicht krystallinischen, durchsichtigen runden oder ovalen Kügelchen, die meist nicht größer sind als 0,00001 bis 0,00003 Zoll. Je weniger Bleioxydhydrat es enthält, desto besser deckt es und desto weniger hat es die Neigung nach und nach sich zu bräunen; das im Handel vorkommende Bleiweiß ist oft mit Schwerspathpulver, Gips oder Kreide versetzt, welche Zusätze leicht durch chemische Mittel nachgewiesen werden können. — Das einfach-kohlensaure Bleioxyd kommt in der Natur als Weißbleierz oder Bleispath vor und wird künstlich dargestellt durch Fällung eines neutralen Bleioxydsalzes mittelst eines kohlensauren Alkalis.

Das schwefelsaure Bleioxyd findet sich schön krystallisirt in den Formen des zwei- und zweigliederigen Systemes in der Natur vor und wird durch Behandlung von Bleioxyd oder von Bleioxydsalzen mit Schwefelsäure leicht dargestellt; auch erhält man es als Nebenproduct bei der Bereitung verschiedener chemischer und technischer Präparate, wie der concentrirten Essigsäure aus essigsaurem Bleioxyd, des Essigäthers und besonders der in den Kattundruckereien vielfach als Beizmittel angewendeten essigsauren Thonerde aus Alaun und Bleizucker. Das schwefelsaure Bleioxyd schmilzt in der Glühhitze und erstarrt beim Erkalten zu einer krystallinischen Masse; es wird in der Glasfabrikation verwendet, ferner zur Darstellung des chemisch reinen Bleis, als Versatzmittel des Bleiweißes und in der Kattundruckerei als Beizmittel. Des salpetersauren Bleioxydes bedient man sich ebenfalls in der Kattundruckerei, um mit chromsaurem Kali gelbe und orange Farbentöne zu erhalten und das kieselsaure Bleioxyd macht bekanntlich den Hauptbestandtheil des Bleiglases, des Flintglases und der gewöhnlichen Töpferglasur aus. Ueber das chromsaure Bleioxyd s. den Art. Chrom.

Mit der Essigsäure geht das Bleioxyd mehrere Verbindungen ein, von denen die gewöhnliche, in der Medicin vielfach angewendete, der Bleizucker oder neutrales essigsaures Bleioxyd ($\bar{A}c$, PbO + 3aq.) durch Auflösung des Oxydes in der Säure oder durch Behandlung des metallischen Bleis mit Essig dargestellt wird; es krystallisirt in weißen durchsichtigen Säulen oder Nadeln, schmeckt widerlich süß und zusammenziehend und wirkt vor allen andern auflöslichen Bleisalzen besonders giftig; es röthet schwach Lackmus und verliert an der Luft etwas Essigsäure und läßt sich dann nicht mehr klar in Wasser auflösen. Das drittel-essigsaure Bleioxyd erhält man durch Auflösen von 7 Theilen reiner Blei-

glätte in 6 Th. Bleizucker mit 30 Th. Wasser; man kann es in seidenglänzenden feinen Nadeln erhalten, die wasserfrei sind; in der Medicin wird es nur im aufgelösten Zustande unter dem Namen von Bleiessig angewendet; mit der Zeit und namentlich bei Zutritt der Luft setzt es etwas sechstel-essigsaures Bleioxyd und kohlensaures Bleioxyd ab, während zugleich in der Auflösung neutrales essigsaures Bleioxyd entsteht. Papier und Holz mit Bleiessig getränkt und getrocknet, werden dadurch außerordentlich leichtentzündlich; sie glimmen fort wie Zunder. Das Bleioxyd geht auch chemische Verbindungen ein mit Harz, Stärke, Gummi, Zucker, Eiweiß und andern nicht sauren organischen Substanzen. E. W.

Bleibaum, s. Metallbaum.

Bleiloth, s. Nivelliren.

Bleiwage, s. Wasserwage.

Blendung ist eine undurchsichtige, gewöhnlich schwarze Bedeckung von Pappe, Holz oder Blech, mit einer Oeffnung (lat. Apertura) in der Mitte, welche man geschliffenen Gläsern zu geben pflegt, um die weiter gegen den Rand einfallenden Strahlen abzuhalten, weil nur die nahe bei der Axe einfallenden Strahlen sich gut im Brennpunkte vereinigen.

Blitz, s. Gewitter.

Blitzableiter, s. Gewitter.

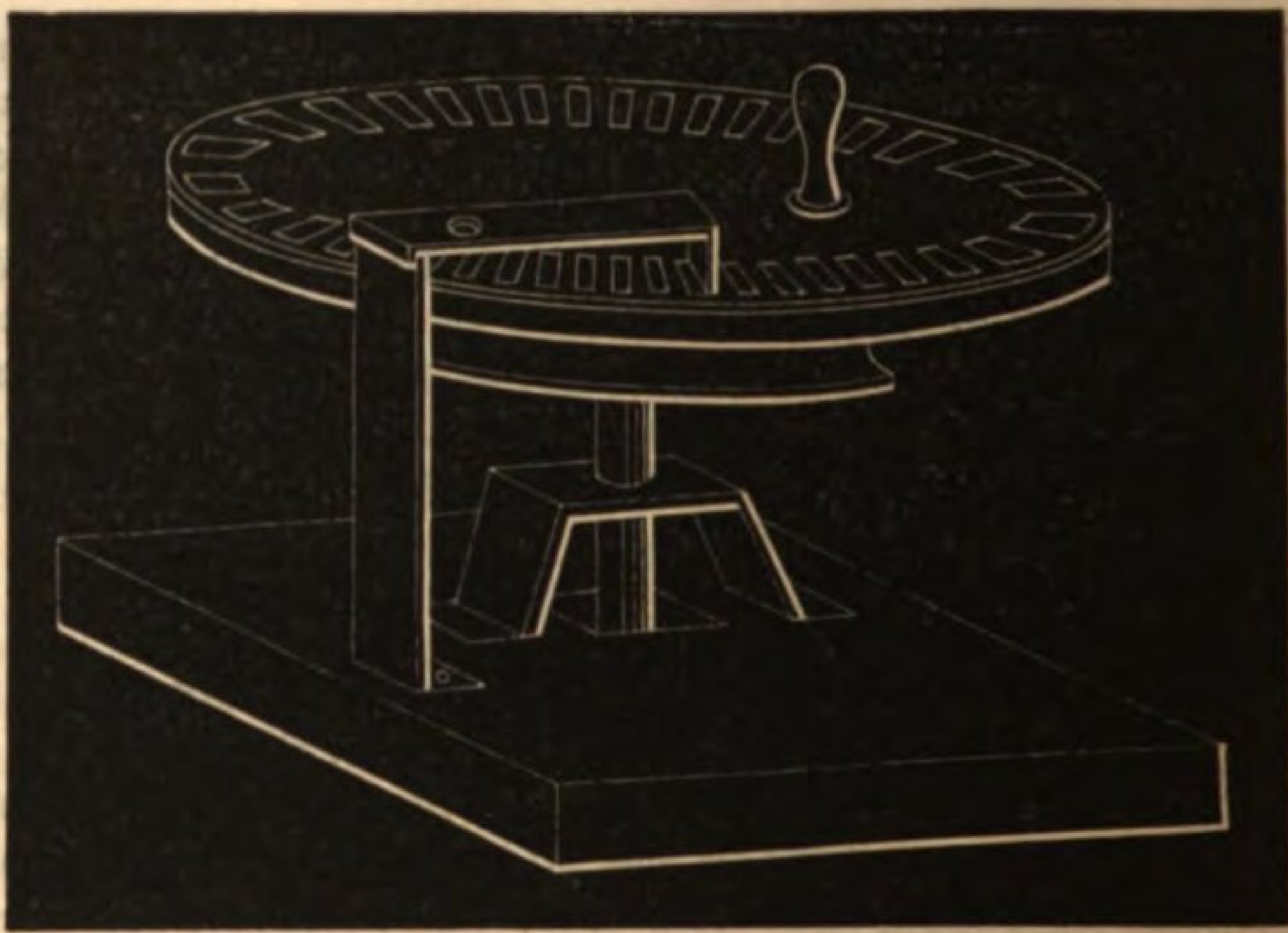
Blitzfänger, s. Gewitter.

Blitzmesser, s. Gewitter.

Blitzrad hat Neeff *) ein von ihm erfundenes Instrument genannt, welches bestimmt ist, die Leitung eines durch einen Elektrometer erzeugten elektrischen Stromes in schnellen auf einander folgenden Abwechselungen zu unterbrechen und wieder herzustellen, oder die galvanische Kette abwechselnd schnell hinter einander zu schließen und zu trennen. Beim Schließen der Kette sowohl als beim Trennen derselben erhält man, wenn man das Schließen und Trennen mit seinem Körper bewirkt, einen Schlag; durch das Blitzrad nun kann man diese Schläge vervielfältigen, so daß man in sehr kurzer Zeit eine große Anzahl solcher Schläge erhält. Neeff geht nun von der Vorstellung aus: der Schlag, den der menschliche Körper beim Schließen und Trennen empfange, sei ein den Körper durchzuckender Blitz (im Kleinen), und deshalb nennt er seine Erfindung ein Blitzrad. Dazu kommt noch, daß bei der Anwendung sowohl einer einfachen Kette als einer Batterie (welche mit dem Blitzrade in Verbindung gesetzt wird) an dem Apparate beim Unterbrechen und Wiederherstellen der Leitung eine große Menge von Funken aufblitzen, bis die Kraft des Elektrometers durch Wirkungsabnahme bedeutend nachläßt.

Neeff giebt von seinem Apparate folgende Beschreibung. Eine horizontale Kupferscheibe, $1^1/_2$ Par. Linie dick, $6^1/_2$ Zoll im Durchmesser, ist auf einer, in ihrer Mitte unten aufgelötheten, verticalen kupfernen Axe drehbar; die Axe ist 3 bis 4 Linien dick, 3 Zoll 2 Lin. hoch; ein Messingbügel hält sie in ihrer Richtung, welcher in einem 7 Zoll haltenden viereckigen hölzernen Brete befestigt ist. In der Mitte hat dieses Bret eine Vertiefung, mit Kupfer ausgefüttert, worin die conisch zugespitzte Axe sich dreht und in welche etwas Quecksilber gegossen werden kann, um die Scheibe mit dem einen Pol (durch einen Leitungsdraht) eines Elektrometers in Verbindung zu setzen. Am Rande der Scheibe sind 36 Oeffnungen

*) Pogg. Ann. Bd. XXXVI. S. 352.



in der Scheibe angebracht, welche in der Richtung der Radien 10 Linien lang und 3 bis $4^1/_2$ Linien breit sind. Diese Oeffnungen werden mit Holz, Glas, Porzellan oder einer andern isolirenden Substanz ausgefüllt. Zwischen ihnen befinden sich die schmäleren Fortsetzungen der Scheibe, die wir Kupferbrücken nennen wollen. Nahe an der Mitte der Scheibe ist ein Knopf zum Drehen derselben. Man sieht, daß, wenn man einen Metallstreifen, der mit dem anderen Pol des Elektrometers verbunden ist, unter irgend einem Winkel an den durchbrochenen Rand der Scheibe hält, diese beim Umdrehen bald mit dem eingelegten Isolator, bald mit der 2 bis $2^1/_2$ Lin. breiten Kupferbrücke, die zwischen den Oeffnungen durchgeht, unter dem Entladungsstreifen weggleitet, und daß folglich bei jeder Umdrehung die Kette 36 Mal geschlossen und getrennt wird. Zu diesem Zwecke ist ein 7 Lin. breiter, $^1/_2$ Lin. dicker Kupferstreif seitwärts angebracht, durch ein Loch auf einem Stifte ruhend mit dem einen Ende, mit dem anderen umgebogenen auf der Scheibe. Es ist eine Vertiefung in diesen Streifen eingetrieben, um einen Quecksilbertropfen aufzunehmen, zur Verbindung mit dem andern Pol. Man kann das Rad in einer Secunde bequem bis zu vier Malen, auch etwas darüber umdrehen, so daß in der Secunde bis etwa 160 Schließungen und ebenso viele Trennungen möglich sind, also bis 10000 in einer Minute. Begehrt man noch größere Geschwindigkeit, so läßt sie sich durch eine Schnur ohne Ende bewirken, für die eine Spule unter der Kupferscheibe unter einer Holzunterlage angebracht ist.

Der Apparat läßt sich vielfach abändern*) und vielfach anwenden. Ich will hier nur noch anführen, was Neeff über die Art und Weise, wie der Gefühlssinn durch denselben afficirt wird, sagt. Man nehme eine Batterie von mäßiger Stärke

*) So kann man z. B. ein metallenes verticales gezahntes Rad um eine metallene horizontale Axe drehbar machen, und eine Stahlplatte oder einen Draht gegen die Zähne federn lassen. Die Axe des Rades wird dann mit dem einen Pol des Elektrometers in leitende Verbindung gesetzt, die Feder mit dem andern. Das Quecksilber zur Herstellung der Verbindung kann man gänzlich entbehren, indem sich die metallische Verbindung durch metallisch reine Federn und Bremsen leichter und sauberer herstellen läßt.

und wenigen, z. B. 36 Plattenpaaren. In zwei Gefäße gießt man Quecksilber und darüber ein wenig stark verdünnte Schwefelsäure oder auch bloß letztere, wenn die Gefäße schon metallene sind. Diese Gefäße stehen nahe beisammen, doch ohne sich leitend zu berühren. Man tauche nun zwei Finger einer Hand (nur darf an den Fingern nicht die kleinste Verletzung sein) in die Gefäße und schließe die Kette durch Verbindungsdrähte zuerst nur mit 12 Lagen. Man wird beim Schließen den Schlag fühlen, während des Geschlossenseins nichts, beim Wiedereröffnen der Kette (durch Wegnahme eines Verbindungsdrahtes) den Trennungsschlag, welcher um desto merklicher ist, je kürzer das Geschlossensein gedauert hat, immer aber schwächer ist, als der Schließungsschlag. Man merke sich genau diese Empfindungen. — Jetzt vermittle man die Verbindung eines Gefäßes mit der Batterie durch das Blitzrad, dessen Entladungsstreif auf einem Isolator aufliegt. Man drehe langsam die Scheibe, so daß die Entladung geschieht, dann weiter, wieder auf einen Isolator. Die Empfindungen werden genau dieselben sein, wie bei dem unmittelbaren Conflict mit der Kette. — Nun drehe man die Scheibe mit mäßiger Geschwindigkeit um. Man wird in beiden Fingern (und wie gewöhnlich stärker am negativen Pol) eine ziemlich gleichmäßig fortdauernde Reihe von rasch sich folgenden Schlägen fühlen, die man, zumal wenn die Geschwindigkeit des Umdrehens nur allmälig gesteigert wird, entschieden als eine Folge von einzelnen appercipirt; welche aber als Gesammteffect die Empfindung eines Singelns und Prickelns geben, genau wie eingeschlafene Glieder. — Man steigere die Lagenzahl auf 24. Die Gefühle werden dieselben sein, nur heftiger, ja schmerzhaft. — Man ziehe endlich alle 36 Plattenpaare in den geschlossenen Kreis. Die Empfindungen sind abermals dieselben; aber der Schmerz steigt bis zum unerträglichen, besonders wenn das Rad nicht zu schnell in Umschwung versetzt wird. Es ist ein Dröhnen, das sich consensuell aufwärts fortpflanzt, ein Sausen, wie bei einer Art von Zahnweh, eine Einschnürung und Torsion der Nerven, die man zu empfinden glaubt und die sich in eine wohlthuende Expansion auflöst, wenn man die Kette trennt. Bilden mehrere Personen, die sich die benetzten Hände reichen, eine Kette, so fühlen alle das Singeln in den Händen, nur gemindert. — Schließt man nun die 36 Lagen unmittelbar, ohne Vermittlung des Blitzrades, wiederholt man selbst diese Schließungen und Trennungen in langsamer Aufeinanderfolge, so wird man gewahr werden, wie gering diese Sensationen sind, in Vergleich mit denen der schnellen Succession, die das Blitzrad bewirkt.

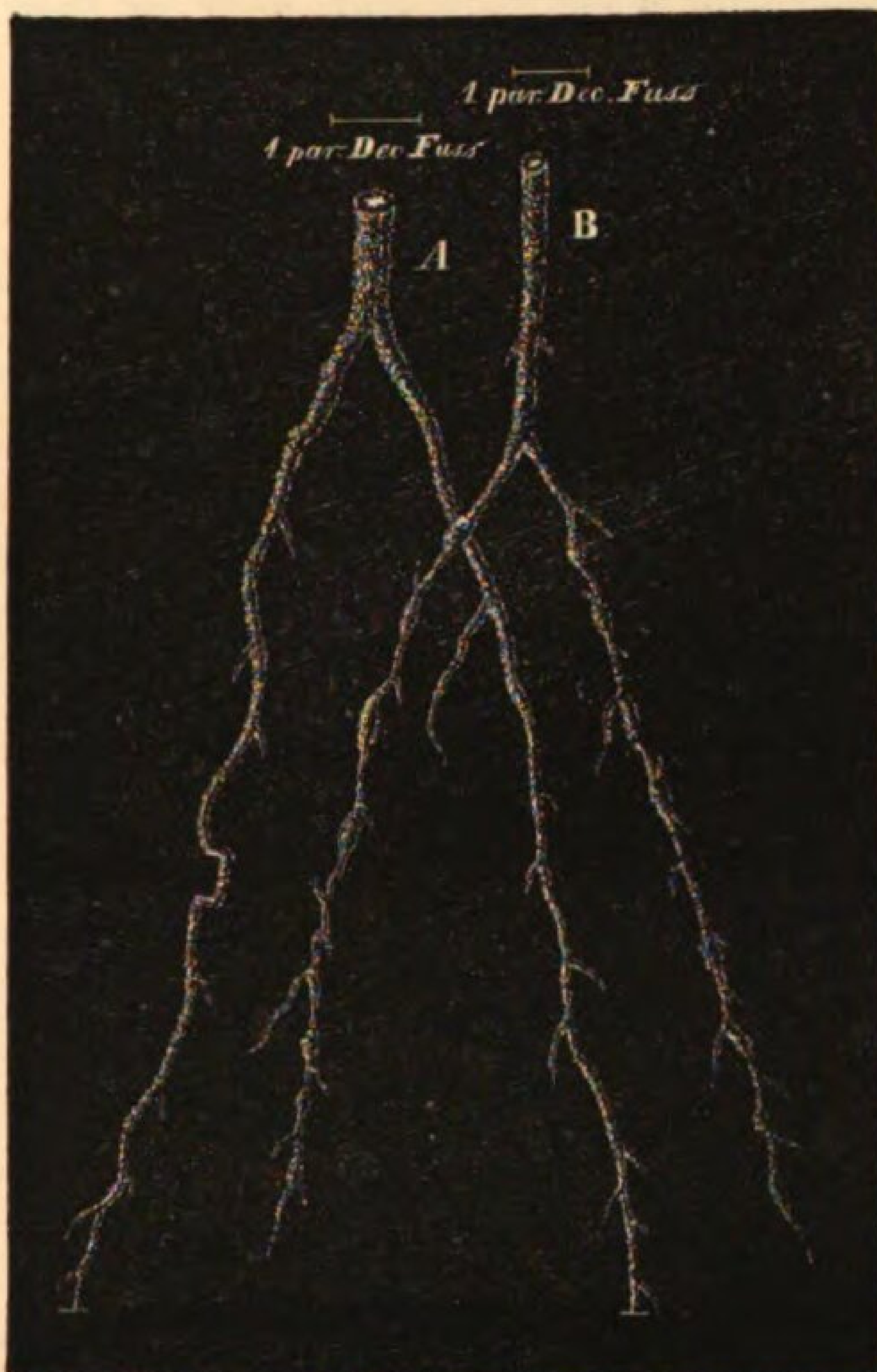
Die Empfindung, welche eine Säule durch Vermittlung des Blitzrades erzeugt, ist dieselbe, wie diejenige, welche eine viel stärkere Säule während des Geschlossenseins der Kette erzeugt, jenes eben beschriebene Singeln. Es wird nämlich durch das Blitzrad durch die schnell sich wiederholenden Schließungen und Trennungen gleichsam die Blitzwirkung des elektrischen Stromes erhöht, während gleichzeitig der Effect des stetig fortwirkenden Stromes, der zwischen den Extremen des Schließens und Trennens thätig ist, bedeutend geschwächt wird. Nimmt man daher einen Multiplicator als Zwischenkörper und hat dessen Nadel beim Geschlossensein eine constante Ablenkung angenommen, so oscillirt sie beim Drehen des Rades auf eine Art, die eine Abnahme der unmittelbaren Wirkung auf weniger als die Hälfte zeigt. Ebenso wird die Gaserzeugung in einem Wasserzersetzungsapparat, den man als Zwischenkörper in die Kette gebracht, durch die Wirkung des Blitzrades bedeutend vermindert. Neeff empfiehlt das Blitzrad, besonders zu medicinischen

Zwecken, weil es nicht nur ein Mittel darbietet, den Effect jeder Säule in seiner Intensität zu steigern, sondern auch die leisesten wie die stärksten Wirkungen in anderer Art als der gewöhnlichen den Körper durchdringen zu lassen, nämlich in häufigen Wiederholungen, deren Aufeinanderfolge nach Gefallen beschleunigt werden kann.

Das Blitzrad hat die größte Aehnlichkeit mit dem gleichzeitig von Jacobi angegebenen Commutator, bei welchem jedoch keine bloße Unterbrechung, sondern eine Umkehrung des elektrischen Stromes stattfindet (s. d. Art.).

Blitzröhren, Fulgurit, auch Blitzsinder (franz. tubes fulminaires, engl. vitreous tubes) sind röhrenförmige Körper, welche von dem Blitz durch Schmelzung oder Verglasung gebildet werden, wenn er durch Lager von Quarzsand hindurchgeht. Wir haben in dem Artikel Blitz gesehen, daß der Blitz nichts anderes ist, als eine gleichzeitig zwischen einer ganzen Reihe von geladenen Körpern vor sich gehende Entladung. Der erste dieser Körper ist im Allgemeinen eine Wolke, der letzte die feuchte Erde. Soll eine Wolke als ein stark positiv elektrischer Körper in Wirksamkeit treten, so muß sie ihre negative Elektricität in demselben Verhältnisse an ihre atmosphärische Umgebung abgeben, in welchem sich die positive Elektricität in ihr anhäuft; und soll ein an der festen Erdoberfläche befindlicher Körper der letzte im elektrischen Proceß sein, so muß er ebenso eine seiner Elektricitäten (die nicht durch den Gegensatz beschäftigte) an seine Umgebung abgeben; dies kann aber nur geschehen, wenn diese ein Leiter der Elektricität ist und zugleich von hinreichender Ausdehnung, um durch Verbreitung der freien Elektricität über sie hin dieselbe verschwinden zu machen. Ist daher die Erde an ihrer Oberfläche mit isolirenden Sandmassen bedeckt, so dringt der Blitz durch diese hindurch nach tiefer liegenden Wassersammlungen, so also, daß, wenn wir den Blitz mit dem elektrischen Funken vergleichen, die Wolke als Conductor, die Wassersammlung als Entlader und das über derselben befindliche Sandlager als zwischenliegender Körper, welcher durch den überspringenden Funken durchbohrt wird, zu betrachten ist.

Die Blitzröhren bestehen meistens aus ungleich langen und ungleich weiten, nach unten stark verengerten und endlich ganz spitz zulaufenden, zum Theil gekrümmten und mit mehr oder weniger Nebenästen versehenen Röhren, welche inwendig völlig verglaset, nach außen bloß zusammengesintert, zuletzt mit angeklebten, eine sehr rauhe Oberfläche bildenden Sandkörnern überzogen sind und eine schwärzliche oder perlgraue, zuweilen eine röthliche, in den verglaseten Theilen auch eine grünliche Farbe haben. Häufig ist die Oeffnung der Röhre ganz geschlossen, namentlich, wenn dieselbe (durch den Druck des umliegenden Sandes während des flüssigen Zustandes) platt gedrückt ist, so daß es völlig massive Theile von Blitzröhren giebt. Ihr Durchmesser beträgt $^3/_4$ bis 20 Par. Lin., die Dicke der Wände $^1/_4$ bis 11 Lin., die Länge etwa 20 bis 35 Fuß (nach den örtlichen Umständen verschieden), mit Seitenästen von 1 Zoll bis 1 Fuß Länge. Da die Blitzröhren durch Glühen und Schmelzen des Sandes entstehen, dabei aber ringsum von feuchtem und kaltem Sand umgeben sind, so erkalten sie sehr schnell und erhalten dabei eine Menge von Sprüngen, so daß sie beim Ausgraben in Stücke von $^1/_4$ Zoll bis zu einigen Zoll Länge zerfallen. Dünnwändige Blitzröhren sind auswendig und inwendig besser gerundet und haben weniger Sprünge (wie ja auch z. B. dünne Glasgefäße beim Erkalten minder leicht springen als dicke). Die nächststehend abgebildeten beiden Blitzröhren A und B werden eine bestimmtere Vorstellung über



diese Gebilde geben. A wurde von van Converden in der Bantelge im Münsterschen an der Südseite eines 15 bis 16 F. hohen Sandhügels aufgefunden, aber nur bis zu einer Tiefe von etwas über 13 Par. F. ausgegraben. Der Hauptstrom theilte sich in einer Tiefe von etwas mehr als 1 Fuß in zwei Aeste, die unter einem Winkel von ungefähr 25° auseinander liefen. Er sowohl als diese beiden Aeste schlängelten sich, unter einem Winkel von 60°, gegen Norden in den Hügel. Der westliche Ast hatte die ersten 7 Fuß über sehr unregelmäßige Krümmungen, dann ging er unter einen rechten Winkel und lief gegen 9 Zoll ganz senkrecht hinab, kam hierauf wieder unter einen beinahe rechten Winkel in die verlängerte Richtung des obern Stücks zurück und schlängelte sich dann in ihr wie vorher in den Sand fort, bis das sich vorfindende Wasser hinderte, ihn weiter zu verfolgen. Er zeigte mehrere kleinere abwärts laufende Seitenzweige von 1—6 Zoll Länge. Der östliche Ast, der etwas stärker war wie der vorige, sandte ebenfalls mehrere kleinere Seitenzweige aus, unter denen sich besonders einer auszeichnete, der gegen $1^1/_2$ Par. Fuß fast senkrecht abwärts lief. Auch bei diesem Ast hinderte das Wasser die weitere Ausgrabung. Die Seitenwände der Hauptröhre waren vom Tage herein verhältnißmäßig nicht bedeutend stark und ziemlich zerborsten, wurden aber bald (von kaum 1 F. Tiefe an) allmälig immer dicker und blasiger. Die Hauptröhre sowohl als die beiden Röhren, in welche sie sich theilte, wurden dabei merklich platter. Die innere Oeffnung war vom Tage herein sternförmig; sie verengte sich aber bei zunehmender Dicke der Seitenwände so sehr (bei dem westlichen Ast in etwa 4 Par. F. Tiefe), daß sie dann wohl einen halben Fuß beinahe völlig zusammengeschlossen war, und hier zeigten sich die Röhren vorzüglich platt. Hierauf nahm die Dicke der Seitenwände ganz allmälig wieder ab, es erweiterte sich die innere Oeffnung nach und nach wieder und wurde, wie auch die Außenseite der Röhre, abgerundeter, welche letztere bis in diese Tiefe vollkommen borkenartig war. Van Converden schloß aus der allmäligen Abnahme der Stärke der Röhre von oben nach unten, daß ihre ganze Länge wohl einige 20 bis 30 Fuß betragen müsse. B ist eine gleichfalls in der Bantelge von van Converden aufgefundene zweigespaltene Blitzröhre von 15 F. Länge, welche die Eigenthümlichkeit hatte, daß immer auf ein Stück ziemlich abgerundeter und dünner Röhre borkenartige, 4 bis 5 Zoll lange Knoten folgten.

Daß nun die beschriebenen Röhren wirklich durch den Blitz gebildet werden, scheint ausgemacht. So erzählt Pfaff *), als der Blitz auf der Insel Amrum im Schleswigschen einschlug, hätten in der Nähe befindliche Matrosen sogleich nachgegraben und die Blitzröhre aufgefunden. Ebenso fand Hagen **) am Fuße einer Birke zu Rauschen in Ostpreußen, an welcher der Blitz herunter gefahren war, zwei Löcher in dem groben, die Birke umgebenden Sande, deren eine in der Tiefe von etwa einen Fuß zu einer Blitzröhre wurde. Dieselbe endete mit Verästelungen in ein faseriges Gewebe an einer unter dem Sande befindlichen Lehmschicht. Der Schullehrer Fechterling zu Augustdorf soll gleichfalls eine Blitzröhre unmittelbar nach dem Einschlagen ausgegraben haben ***). Schon vom Jahre 1798 wird von Whitering erzählt, daß, als der Blitz einen Mann, der unter einem Eichbaume stand, getödtet hatte, er an dem Stocke desselben in die sandige Erde gefahren ist; und als man später an dieser Stelle nachgrub, fand man 12 Z. unter der Oberfläche drei Stücke geschmolzenen reinen Quarzsandes, wovon zwei röhrenförmig und inwendig verglaset, ja sogar bis zum Herabfließen eines Theiles der Masse geschmolzen waren. (S. d. Art. Gewitter.)

Im J. 1829 schlug der Blitz bei Braunschweig in der Nähe eines Schäfers ein; an der vom Schäfer bezeichneten Stelle wurde nachgegraben, und man fand in einer Tiefe von 1 Fuß mehrere Stücke von Blitzröhren ****). Am meisten wird aber die Entstehung dieser Röhren durch den Blitz beglaubigt durch die Versuche, welche Hachette, Savart und Beudant gemacht haben, ähnliche Gebilde mittelst des elektrischen Funkens herzustellen. Es ist ihnen nämlich gelungen, mittelst der stärksten Pariser Elektrisirmaschine Blitzröhren aus Glaspulver oder noch besser aus einer Mischung von Glaspulver mit Kochsalz herzustellen von 25 bis 30 Millimeter Länge, $4\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Millimeter äußerem und 2 bis $\frac{1}{2}$ Millimeter innerem Durchmesser. Diese kleinen Gebilde haben vollkommene Aehnlichkeit mit den großen des Blitzes.

Zuerst ist von Blitzröhren Nachricht gegeben worden durch den Prediger Herrmann †) in Massel in Schlesien, welcher in der Gegend von Massel im J. 1706 solche Gebilde gefunden hat und sie fossile arborescens oder Beinbruch nannte. Derselbe hat jedoch nicht den Grund ihrer Entstehung erkannt, indem er dieselbe vom Einfluß unterirdischer Feuer, deren Vorhandensein er nur vermuthete, hergeleitet.

Hentzen ††) entdeckte um das J. 1796 Blitzröhren in der Senner Heide in Westphalen, und 1801 scheint er die erste Röhre am Ort ihrer Entstehung gefunden zu haben. Derselbe, sowie Blumenbach erklärten sie für Erzeugnisse des Blitzes, und seitdem wurden die Physiker aufmerksamer auf dieselben. Man hat sie an mehreren Orten entdeckt. So im J. 1812 bei Drigg in Cumberland †††), wo drei Röhren senkrecht aus dem Sande herauf standen (vermuthlich

*) Gilb. Ann. Bd. LXXII. S. 111.
**) Gilb. Ann. Bd. LXXIV. S. 325.
***) Schweigg. Journ. Bd. XLIV. S. 245.
****) Ribbentrop, über Blitzröhren. Braunschweig 1830. S. 27.
†) Maslographia oder Beschreibung des schlesischen Massel rc. Brieg 1711. — Gilbert's Ann. Bd. LXXI. S. 337.
††) Voigt's Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde v. J. 1805. Bd. X.
†††) On the vitreous tubes found rear Drigg in Cumberland. London 1814.

weil der Wind einen Theil des sie umgebenden Sandes weggeweht hatte, wie auch bei den Röhren bei Massel bemerkt worden war). — Auf der Senner Heide entdeckte Fiedler *) noch mehrere Blitzröhren. — Auch bei Pillau **) in Preußen, auf der Nietleber Heide bei Halle ***), in der Bantelge im ehemaligen Bisthum Münster ****), in der Nähe von Dresden †), bei Zankendorf ††) unweit Malaizka in Ungarn, unter dem Regenstein bei Blankenburg †††), zu Drigg °) in Cumberland hat man Blitzröhren gefunden. Eine der bei Dresden durch Fiedler gefundenen Blitzröhren wird im Museum der Naturgeschichte zu Dresden aufbewahrt. Sie besteht aus 337 einzelnen Stücken, und rechnet man die Seitenäste mit, aus 400 Stücken. Die Länge der Röhre beträgt 8 Ellen 5¾ Zoll, mit Hinzurechnung ihrer Krümmungen über 10 Ellen 16½ Z.; der Durchmesser derselben beträgt oben ⅜ Z., endigt sich aber wie eine schwache Krähenfeder. Merkwürdig an dieser Röhre ist, daß nach jeder, sie wie ein Ring oder Wulst rund umgebenden, Knorrenbildung die Röhre etwa ⅜ bis ¾ Zoll weit rundlich und etwa nur halb so stark wie der Knorren, fortsetzt, bis entweder wieder ein solcher Knorren folgt oder ihre Außenflächen wieder zackig werden. — Eine sehr merkwürdige Beobachtung hat Ribbentrop an den von ihm am Regensteine bei Blankenburg aufgefundenen Blitzröhren gemacht. Dort hat nämlich der in den Sand eindringende Blitz einen eisenschüssigen Knoten getroffen und hier ein Röhrenstück von einer schwärzlich-braunen Glasmasse gebildet, welche bedeutend auf den Magnet wirkt. Diese Kraft muß der Blitz hervorgebracht haben, weil die in dem Sande vorkommenden Eisenmassen (nach Ribbentrop) nicht auf den Magnet wirken. Ribbentrop führt zwei Fälle an, wo er diese Erscheinung beobachtete. — In den sandigen Ebenen von Bahia °°) in Brasilien haben sich ebenfalls Blitzröhren gefunden. Sie zeigen das Eigenthümliche, daß sie nicht hohle Röhren, sondern tiefgefurchte kantige Stücke darstellen, und daß die Sandkörner viel stärker verglaset und in einander geschmolzen sind, so daß der Bruch zusammenhängend und glasartig erscheint, fast wie am Hyalith, dem sie auch an Farbe und Durchsichtigkeit nahe kommen, und daß auch die vorstehenden Ecken der Körnchen wie abgeschmolzen aussehen. Wenn man sie fallen läßt, geben sie einen hellen Ton wie Glas. — Auch in Africa, am Südrande der Wüste Sahara im Thale Dibla, haben in den Jahren 1822 bis 1824 Denham, Clapperton und Oudney Gebilde gefunden, welche von König (Director des brittischen Museums) für Blitzröhren anerkannt worden sind. Unter dem Sande, in welchem diese Gebilde vorkommen, finden sich Wasseransammlungen. Nur die Verschiedenheit des Sandes ist Grund zu wenigen Abweichungen dieser Blitzröhren von den in England gefundenen. Sie sind in ihrer Structur gleichartiger und reiner, einige derselben durchscheinend und farblos. Andere waren hellgrün, hier und da

---

*) Gilb. Ann. Bd. LV. S. 121.
**) Gilb. Ann. Bd. LV. S. 138.
***) Gilb. Ann. Bd. LV. S. 138.
****) Gilb. Ann. Bd. LXI. 237.
†) Gilb. Ann. Bd. LXVIII. S. 209. Bd. LXXI. S. 301.
††) Gilb. Ann. Bd. LXXIV. S. 214.
†††) Ribbentrop, über Blitzröhren. S. 29. Gilb. Ann. Bd. LXI. S. 245.
°) Gilb. Ann. Bd. LXXIV. S. 218.
°°) Gilb. Ann. Bd. LXI. S. 259.

mit weißen Flecken von halbgeschmolzenen Sandkörnern gezeichnet, auch mit einer Oberfläche, die entweder glatt anzufühlen oder mit schneeweißen, matten, in die verglaste Masse eingedrückten Sandkörnern besetzt war *).

Schon Fiedler hatte bei einer der bei Dresden von ihm aufgefundenen Blitzröhren, und zwar gegen das Ende zu, braune vegetabilische Fasern bemerkt, die von oben nicht eingedrungen sein konnten, weil weiter oben die Röhre an manchen Stellen gänzlich zusammengeschmolzen war. Ribbentrop bemerkte bei den Blitzröhren am Regenstein ähnliches. Sie bestehen aus halbverkohlten Pflanzentheilen, welche vom Blitze wahrscheinlich mit fortgerissen wurden, als er in seinem Wege auf Wurzeln und dergl. traf. — Ueber den Blitzröhren verwandte mineralische Gebilde werden wir im Art. Gewitter sprechen.

Trotz der angeführten Thatsachen, bemerkt Rose **), die Entstehung der sogenannten Blitzröhren durch den Blitz sei wenig oder gar nicht historisch begründet; vielmehr schienen sie, anderen röhrenartigen Concretionen in sandigem Terrain analog, d. i. durch an Wurzelwerk u. s. w. herabrinnendes Wasser nach und nach entstanden zu sein.

Blitzsinter, s. Blitzröhren.

Blutregen, s. Regen.

Bohrbrunnen, s. Quellen.

Bor, Boron, Boracium, Bora (Atomgew. = 136,2, Chem. Zeichen = B), ein einfacher nichtmetallischer Körper, oder Metalloid, wurde zuerst im J. 1808 von Gay-Lussac und Thenard und gleich nachher von H. Davy aus der Borsäure abgeschieden, welche Homberg 1702 im Borax entdeckt hatte. Es findet sich als freie Borsäure in dem Wasser heißer Quellen im Toscanischen (Lagunen, kleine heiße Seen, an deren Rändern die Borsäure als Sassolin herauskrystallisirt) oder diese Säure in Verbindung mit Natron als Tinkal (in Ostindien und Tibet) und mit andern Salzbasen in verschiedenen nicht häufig vorkommenden Mineralien, wie im Boracit, Datolith, Botryolith, auch im Turmalin, Axinit und Rhadicit. Das Bor gewinnt man aus der Borsäure durch Glühen derselben mit Kalium oder aus dem Fluorborkalium auf dieselbe Weise. Es bildet ein dunkel bräunlich-grünes, undurchsichtiges, geschmack- und geruchloses, unschmelzbares Pulver, sinkt in Schwefelsäure zu Boden; bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt es sich nicht an der Luft, verbrennt aber bei etwa 320° unter röthlichem Feuer und Funkensprühen zu Borsäure. Diese bildet die einzige Oxydationsstufe des Bors, welche bisher bekannt ist (BO^3) und wird entweder im Großen durch Verdampfen des Wassers der Laguni gewonnen oder durch Zersetzung von 1 Th. Borax mit $^1/_3$ Th. Vitriolöl und 4 Th. kochenden Wassers bereitet; die beim Erkalten herauskrystallisirende Säure ist ein Hydrat = $BO^3, 3HO$, welches in weißen, biegsamen perlmutterglänzenden und fettig anzufühlenden Blättchen anschießt, über 100° die Hälfte des Krystallwassers ($2BO^3, 3HO$) und bei höherer Temperatur unter starkem Aufschäumen den ganzen Wassergehalt verliert, wobei der Wasserdampf einen Theil der Borsäure mit fortreißt; bei dem Rothglühen schmilzt die Borsäure und bildet nach dem Erkalten ein farbloses, durchsichtiges, hartes und

*) Denham, Narrative etc. p. 30. Appendix. p. 250. Pogg. Ann. Bd. X. S. 483.
**) Handwörterbuch der Chemie. Bd. I. S. 873.

sprödes Glas von 1,83 specif. Gewicht; sie ist geruchlos, schmeckt schwach bitterlich, nicht säuerlich, röthet schwach Lackmus und verbrennt in Weingeist aufgelöst oder mit Schwefel gemengt mit grüner Flamme. Zu den Salzbasen hat die Borsäure bei gewöhnlicher Temperatur nur wenig größere Verwandtschaft als die Kohlensäure, in der Glühhitze treibt sie aber, wie die Kohlensäure, alle zu verflüchtigenden Säuren aus deren Verbindungen aus; sie verbindet sich in sehr verschiedenen Verhältnissen mit den Basen, und in ihren Salzen ist 1 At. Basis mit $^2/_3$, 1, $1^1/_3$, $1^1/_2$, 2, 3, 4 oder 6 At. Säure verbunden. Man betrachtete früher das in der Natur vorkommende borsaure Natron (1 : 6) als ein neutrales Salz, während man jetzt nach der Entdeckung der Salze = 1 : 3 diese nach Analogie anderer Salze als die neutralen ansehen muß. Die meisten borsauren Salze schmelzen in der Glühhitze zu einem durchsichtigen Glase, welches durch Metalloxyde verschiedenartig gefärbt wird; mit Schwefelsäure und Weingeist übergossen theilen sie der Flamme des letztern eine grüne Farbe mit, welche ebenfalls bei der Löthrohrlampe sich zeigt, wenn man diese Salze mit saurem schwefelsaurem Kali gemengt in der Löthrohrflamme glüht. Mit Schwefel verbindet sich das Bor zu einem weißen pulverförmigen Körper, welcher das Wasser schnell und heftig zersetzt, mit Chlor zu einem farblosen Gase, welches mit Wasser in Berührung in Salz- und Borsäure zerfällt und ebenso bildet es mit dem Fluor ein farbloses saures, leicht zersetzbares Gas (BF^3), wovon das Wasser nach J. Davy 700 Maß absorbirt, während zugleich eine Zersetzung des Wassers und Fluorbors und die Bildung von flußsaurer Borsäure erfolgt ($BF^3 + 3\,HO = BO^3 + 3\,FH$), einer farblosen, rauchenden, ölartigen Flüssigkeit von 1,77 specif. Gewicht, welche sehr ätzend wirkt, organische Stoffe verkohlt, weit über 100° kocht und großentheils unverändert sich überdestilliren läßt. Das wichtigste unter den borsauren Salzen ist der Borax oder das borsaure Natron ($NaO, 2\,BO^3$); der rohe Borax oder Tinkal kommt in krystallinischen, meist zusammengesinterten Massen vor, halb durchsichtig, grauweiß oder gelb-grünlich, gewöhnlich durch Kalk und Magnesia verunreinigt, von welchen Stoffen und von einer ihm anhängenden seifenartigen Materie oder Bergfett er in eigenen Raffinerien, besonders in den europäischen Seestädten, durch Maceriren mit gelöschtem Kalke, mehrmaliges Auflösen in wenig Wasser, Filtriren und langsames Krystallisiren getrennt wird. Der gewöhnliche Borax enthält 10 At. (47 Proc.) Krystallwasser und scheidet sich aus einer nicht ganz gesättigten Auflösung unter 56° in rechtwinkligen, dem zwei- und eingliedrigen Systeme angehörenden Säulen aus, deren specif. Gewicht = 1,74 ist, und welche an der Luft nur oberflächlich verwittern, beim Erwärmen zerspringen, in Feuer unter Entweichung des Wassers sich aufblähen zu einer schwammigen Masse (calcinirter Borax, Borax usta) und in der Glühhitze zu wasserfreiem Boraxglase zusammenschmelzen; dieses Salz löst sich in 12 Th. kaltem Wasser und in 2 Th. kochendem auf. Aus einer heißen wässerigen Lösung, welche so viel Borax enthält, daß sie bei 100° ein specif. Gewicht = 1,246 besitzt, beginnt der Borax bei 79° in regelmäßigen Octaedern sich auszuscheiden, welche Ausscheidung bis 56° anhält, während unter dieser Temperatur der gewöhnliche Borax sich bildet; diese octaedrischen Metalle enthalten nur 5 At. Wasser (30,86 Proc.), haben ein specif. Gewicht von 1,815, sind härter als der gewöhnliche Borax, von glänzendem muschligen Bruch, springen nicht bei der Erwärmung und werden an feuchter Luft durch Aufnahme von Wasser undurchsichtig. In neuerer Zeit stellt man den Borax auch vielfach dar durch Behandlung

der italienischen Borsäure mit einer Auflösung von kohlensaurem Natron in kochendem Wasser. Der Borax dient als Entdeckungsmittel verschiedener Metalloxyde auf trocknem Wege (s. d. Art. Löthrohr) und besonders zum Löthen für Gold- und Silberarbeiter, als Fluß zur Untersuchung der Erze, zur Darstellung feiner Gläser (Spiegelglas), des Straß und leichtflüssiger Gläser zu Glasuren. E. W.

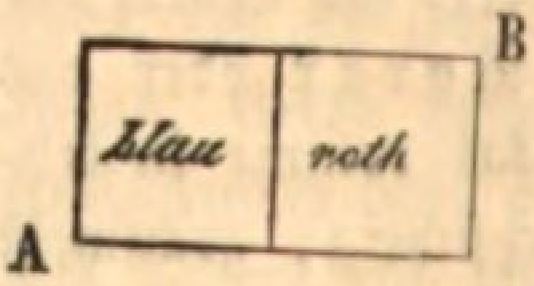
Boussole, s. Declinatorium.

Brandung, s. Meer.

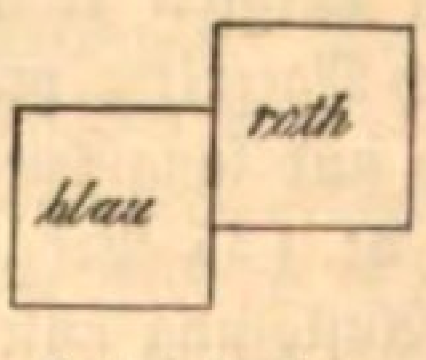
Braunstein, s. Mangan.

Brechbarkeit (lat. refrangibilitas; franz. réfrangibilité; engl. refrangibility) ist die Eigenschaft des Lichtes, beim Durchgange durch einen Körper eine andere Richtung anzunehmen, als in der es sich vor dem Eintritte in denselben fortpflanzte, also gebrochen zu werden, s. d. Art. Brechung. Besonders bemerkenswerth ist aber die Erscheinung, daß das weiße Licht, wenn es gebrochen wird, in farbige Strahlen zerlegt wird, so daß jeder weiße Lichtstrahl aus farbigen Strahlen zusammengesetzt erscheint, welche, da sie (bei demselben Mittel) unter verschiedenen Winkeln von der ursprünglichen Richtung abgelenkt werden, bei der Brechung gesondert erscheinen. Aber auch wenn einfarbiges Licht gebrochen wird, erscheint der rothe Lichtstrahl weniger brechbar als der blaue; und wenn man z. B. einen rothen kleinen Körper durch das Prisma betrachtet, so sieht man ihn in geringerem Abstande von seinem wahren Orte, als einen daneben liegenden blauen. Hierher gehören folgende Versuche von Newton *). Man theile ein Rechteck von schwarzem Papiere durch eine Linie, wie (Fig. I.) AB in zwei Hälften, dann färbe man die eine Hälfte schön roth, die andere schön indigoblau. Hält man nun das Prisma so, daß seine Kanten parallel der getheilten Seite sind und sieht durch dasselbe AB an, so erscheint, wenn der brechende Winkel nach unten gekehrt ist, der blaue Theil viel weiter nach unten gerückt als der rothe, wie es Fig. II. darstellt. Von diesem Versuche theilt Brandes**) zwei die Sache sehr einleuchtend machende Abänderungen mit. Er sagt: „Ich will noch zwei andere Abänderungen dieses Versuches anführen, die mir sehr überzeugend scheinen. Den ersten Versuch habe ich mit den brennend rothen Blumenblättern der Lychnis chalcedonica und den ziemlich rein blauen Blättern der Convolvulus tricolor angestellt, aus welchen ich Streifchen schnitt und sie (möglichst geebnet) auf schwarzem Grunde so auf einander legte (Fig. III.), daß der blaue Rand ABCD oben vorragte, während bei EF nichts Blaues zu sehen war; besieht man diese Streifen durch das Prisma mit nach unten gekehrten brechendem Winkel, so sieht man, wenn AC nicht über $1/3$ Linie breit ist, oben gar nichts blaues mehr, sondern GHIK ist roth, und hat unten (wenn auch CE nicht über $1/2$ Linie ist) einen blauen Rand. Da nun das Blatt der Lychnis so reines Roth ist, daß man, wenn es allein auf Schwarz liegt, schwerlich eine Spur von blauem Rande entdecken wird, so kann der Rand KIML nur von dem stärker gebrochenen

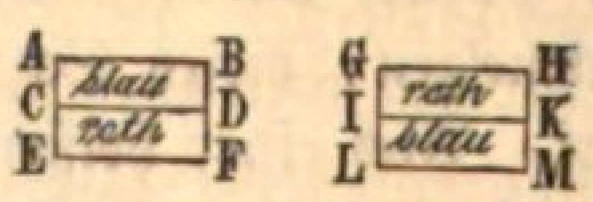
I.



II.



III.

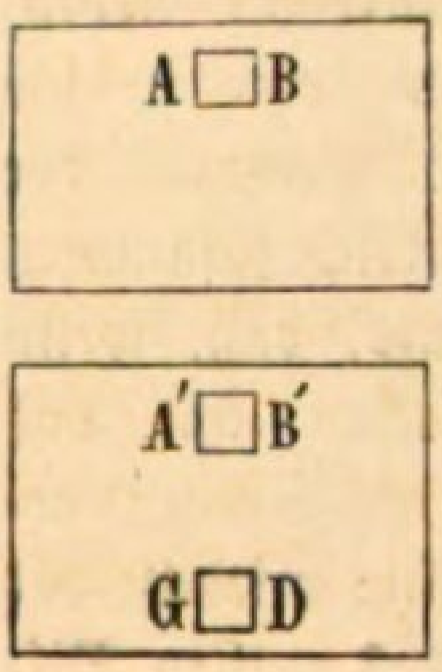


*) Newtoni, optice sive de reflexionibus, refractionibus et coloribus lucis, libri III. Lib. I. Propos. I. Exp. 1.

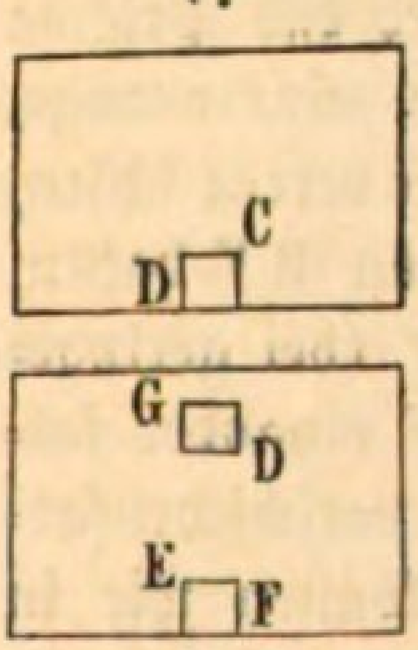
**) Gehler's phys. Lex. Neue Ausg. Bd. I. S. 1114.

Blau herrühren. Wäre der rothe Streif breiter, so sähe man das Blau auf dem Roth, wo es dann eine gemischte Farbe darstellte. Die zweite Abänderung des Versuches ist folgende: man lege auf das rothe Parallelogramm (Fig. IV.) ein blaues kleines Blättchen so, daß es rundum von Roth umgeben ist; man betrachte nun die Figur durch das Prisma, so erscheint die Stelle, wo das blaue Blättchen liegt, völlig schwarz, dagegen sieht man weit unterhalb (wenn das rothe Parallelogramm groß genug und der brechende Winkel nach unten gekehrt ist) das blaue Blättchen auf dem Roth. Hier nämlich kommen, durch das Prisma gesehen, die rothen Strahlen von A, B so ins Auge, daß man sie als aus A′, B′ kommend sieht; aber da das blaue Viereck zwischen A B keine (oder unmerklich wenige) rothe Lichtstrahlen darbietet, so hat der Raum zwischen A′ B′ gar keine Farbe, sondern ist schwarz (es kommt in dieser Richtung gar kein Licht ins Auge), das Blau erscheint dagegen bei G D auf dem Roth. — Der Versuch würde noch überzeugender sein, wenn er mit Roth auf Blau eben so vollkommen glückte, was aber bei der minderen Reinheit des Blau nicht möglich ist. Am besten gelingt er noch, wenn (Fig. V.) man ein rothes Blättchen C D so auf blauen Grund legt, daß D in der untern Seitenlinie liegt; dann sieht man durch das Prisma das Roth etwa in G D, dagegen ist bei E F ein fast ganz schwarzer Einschnitt."

IV.



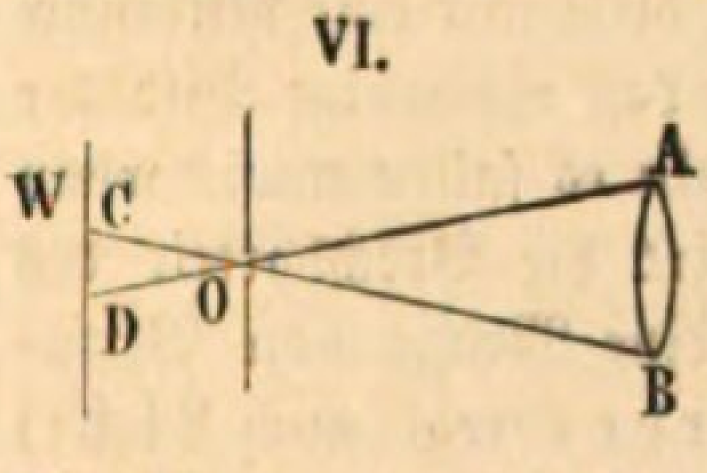
V.



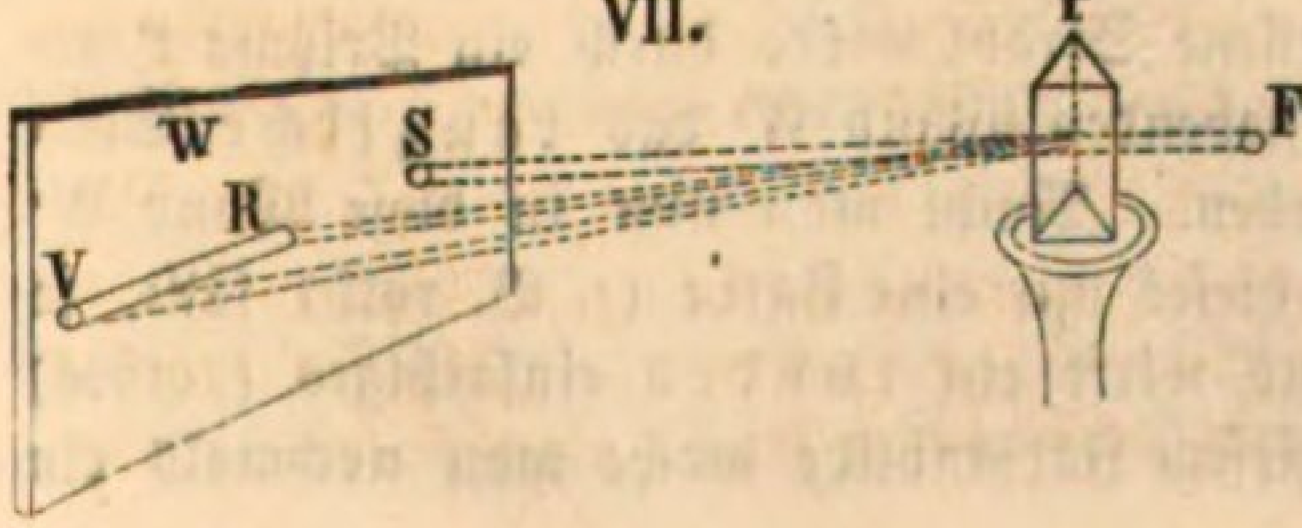
Die verschiedene Brechbarkeit des verschiedenfarbigen Lichtes tritt schon deutlich hervor bei der Entstehung farbiger Strahlen aus den weißen durch Brechung.

Wenn man in ein verdunkeltes Zimmer durch ein kleines Loch im Fensterladen Licht einfallen läßt, so geht das Licht von dem kleinen Loche an aus einander, und wenn man eine Tafel der Oeffnung gegenüber senkrecht aufstellt, so erscheint auf derselben ein erleuchteter runder Fleck. Der Grund hiervon ist leicht einzusehen; denn wenn (Fig. VI.) A B die Sonne, O die Oeffnung, durch welche das Licht geht, ist, so geht das Licht von A über O in gerader Linie (s. d. Art. Beugung) hinaus in der Richtung O D und das Licht von B über O hinaus in der Richtung O C, und es erscheint auf der Wand W ein erleuchteter runder Fleck vom Durchmesser C D. In O geht nicht ein Strahl durch, sondern daselbst kreuzen sich eine unendliche Menge von Lichtstrahlen. Läßt man nun den in das dunkle Zimmer eintretenden Lichtkegel, ehe man ihm eine senkrechte Wand entgegenstellt, durch ein Prisma gehen, so nimmt der erleuchtete Fleck auf der entgegenstellten Ebene eine längliche Gestalt an, und zugleich erscheinen eine Reihe von Farbenbildern, von denen immer eines auf das andere folgt. So daß z. B. wenn (Fig. VII.) der bei F einfallende Lichtstrahl, ohne daß ein Prisma vorgestellt wird, den runden Fleck S auf der Wand W weiß beleuchtet, nachdem das Prisma P vorgestellt worden, den längli-

VI.



VII.

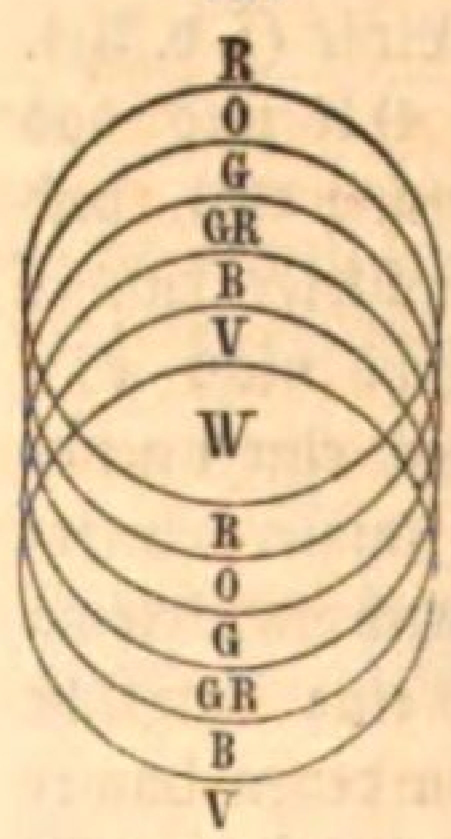


chen oben und unten zugerundeten Fleck VR, der alle Farben zeigt, auf der Wand W hervorbringt. Die Erscheinung ist leicht erklärlich, wenn man annimmt, daß das weiße (Sonnen-) Licht aus allen diesen farbigen Lichtern zusammengesetzt sei, welche, da sie von verschiedener Brechbarkeit sind, durch das Prisma aus einander gerückt werden. Man unterscheidet namentlich folgende sechs Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett. Alle diese Farben erscheinen, eine in die andere übergehend, an dem farbigen Bilde, in welches mittelst des Prismas der runde weiße Fleck verwandelt wird. Daß die farbigen Strahlen wirklich zusammen den weißen Strahl ausmachen, sieht man auf das Bestimmteste daraus, daß, wenn man die gebrochenen (farbigen) Strahlen sämmtlich auf eine Linse fallen läßt, das auf diese Weise gesammelte Licht wieder weiß ist. Denken wir uns die Sonne entsendete nicht weißes, sondern rothes Licht, so würde durch die Brechung mittelst des Prismas weder die Gestalt, noch die Farbe, sondern nur die Stelle des rothen Bildes an der auffangenden Wand verändert werden; es falle dasselbe z. B. auf den Kreis um R (Fig. VIII.). Wäre die Sonne orange, so würde das Bild ebenfalls orange und rund sein, aber wegen der größern Brechbarkeit des orangen Lichtes etwas tiefer fallen, etwa auf den Kreis um O. So würde, je nachdem die Sonne gelb, grün, blau, violett wäre, auch das Bild derselben tiefer und tiefer fallen, auf die Kreise um G, GR, B, V. Da nun aber in der Wirklichkeit das Licht der Sonne weiß ist, so wird das Prisma die Wirkung hervorbringen, als wenn zugleich eine rothe, eine orange, eine gelbe, eine grüne, eine blaue und eine violette Sonne herein schien, und das Bild der Sonne wird die längliche Gestalt von RV haben, eine Farbe wird auf die andere folgen; und wo zwei oder (bei geringerer Brechung als in der Zeichnung mehrere) Farben auf einander fallen, werden Uebergangsfarben stattfinden. Werden die verschiedenfarbigen Bilder weniger weit von einander gerückt, so können wie in Fig. IX. alle Farben theilweise auf einander fallen, und wo dies in W der Fall ist, wird Weiß entstehen.

VIII.

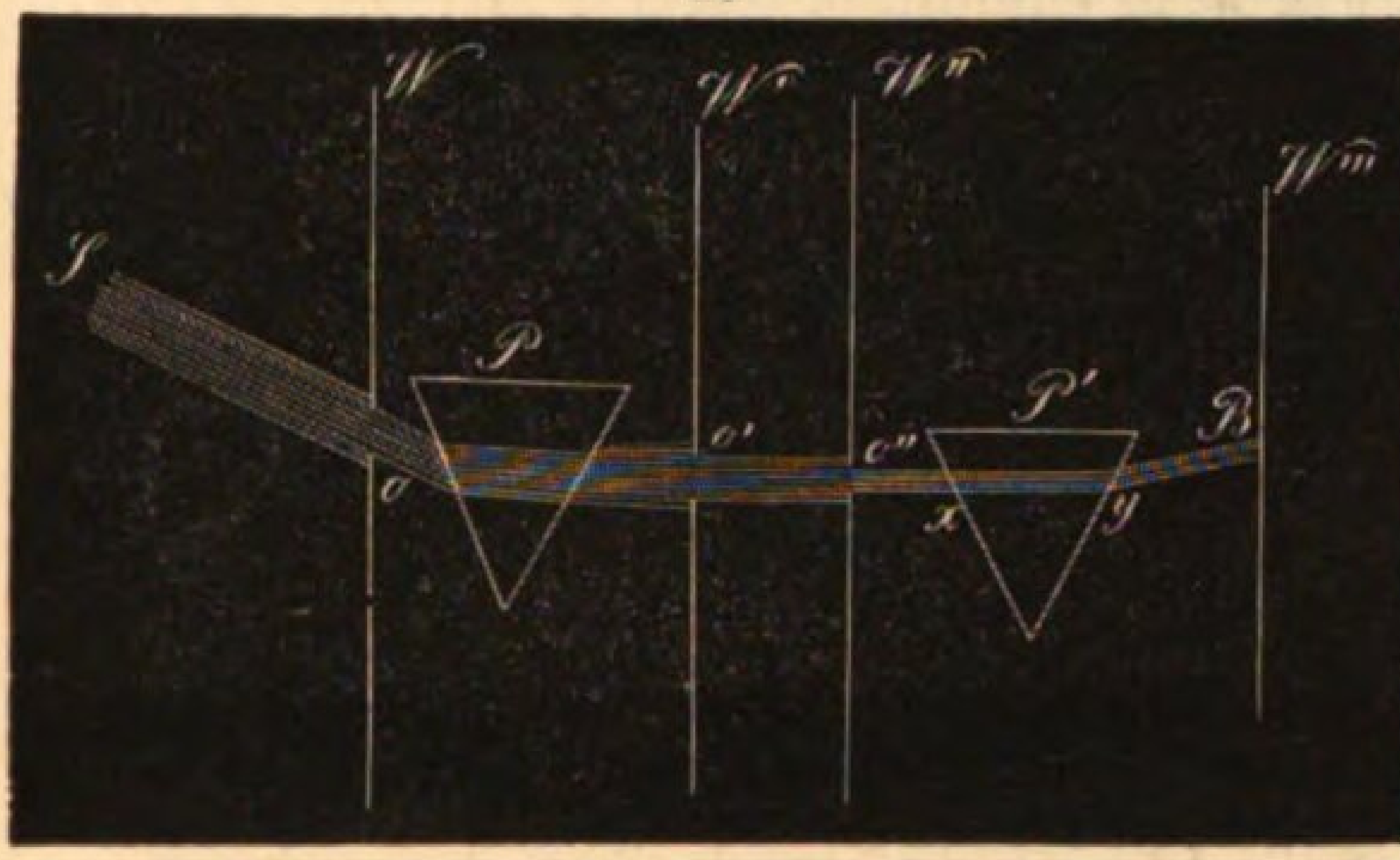


IX.



Wenn man das Licht durch farbige Gläser gehen läßt, oder durch farbige Flüssigkeiten, so wird durch diese nur eine bestimmte Farbe des Lichtes hindurch gelassen, und das einfarbige Bild der Sonne fällt nun in der That dahin, wohin es fallen muß, wenn die obige Erklärung richtig ist. Es wird die Brechbarkeit des Lichtes in farbige Strahlen noch durch eine Menge von Versuchen bestätigt, welche unter dem Art. Farbe (vergl. auch Licht) angeführt werden. Wir führen nur noch ein von Newton angewendetes Mittel an, zu untersuchen, ob der einfarbige Strahl des zerlegten Sonnenlichtes noch weiter durch das Prisma in Farben zerlegt werde. Zu dem Ende lasse man durch eine Oeffnung o (Fig. X.) in der Wand W einen Sonnenstrahl So in ein dunkles Zimmer fallen, der eingefallene Strahl werde durch ein Prisma P gebrochen, so stellt sich auf der gegenüberstehenden Wand W′ das längliche Sonnenbild bei o′ dar mit allen sechs Farben. Macht man nun in diese Wand W′ wieder ein kleines Loch o′ so, daß auf dieses nur eine Farbe (z. B. roth) fällt, so dringt durch o′ ein (rother) Strahl und wirft ein rundes einfarbiges (rothes) Bild bei o″ auf die Wand W″; in diesem Farbenbilde mache man nochmals ein

X.



kleines Loch o'' in die Wand W'', breche hinter W'' mit dem Prisma P' den (rothen) Strahl. Es wird sich auf der Wand W''' immer nur ein einfarbiges (rothes) Bild bei B zeigen, und wenn der Einfallswinkel des Strahles in P' gleich dem Austrittswinkel ist (oder Winkel $x = y$), so wird das Bild bei B rund wie die Oeffnung o'' sein. Dreht man langsam das Prisma P herum, so daß eine Farbe nach der andern auf die Oeffnung o' kommt, so werden gleichzeitig anders und anders gefärbte Bilder auf W''' bei B fallen. Hier sieht man aber wieder, daß die verschieden gefärbten Strahlen **ungleich brechbar** sind. Denn indem sie durch das Prisma P' gebrochen werden, wird das Bild bei B herauf- und herunterrücken, je nachdem die farbigen Strahlen mehr oder weniger brechbar sind.

Nach allen Versuchen folgen sich die farbigen Strahlen in ihrer verschiedenen Brechbarkeit auf einander, wie folgt: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett und zwar ist das Roth am wenigsten brechbar.

Genauer ist die Verschiedenheit der Brechbarkeit der verschiedenen Farbenstrahlen bei verschiedenen Körpern von **Fraunhofer** *) bestimmt worden mit Hülfe der von ihm entdeckten **Lichtlinien** (s. d. Art. **Licht**). Folgendes sind die Resultate jener Messungen, die Brechungsverhältnisse der von **Fraunhofer** mit B, C, D, E, F, G, H bezeichneten Farbenstrahlen **):

	Wasser	Kalilösung	Kronglas			Flintglas			
			Nr. 13	Nr. 9	Litt. M	Nr. 3	Nr. 30	Nr. 23	Nr. 13
B	1,330963	1,399624	1,524301	1,525837	1,554775	1,602034	1,623572	1,626574	1,627766
C	1,331705	1,400519	1,525307	1,526853	1,555926	1,603818	1,625464	1,628451	1,629694
D	1,333576	1,402805	1,527986	1,529572	1,559087	1,608477	1,630603	1,633668	1,635033
E	1,335850	1,405632	1,531371	1,533012	1,563146	1,614540	1,637348	1,640533	1,641998
F	1,337796	1,408086	1,534350	1,536041	1,566746	1,620043	1,643472	1,646760	1,648269
G	1,341285	1,412574	1,539892	1,541676	1,573524	1,630781	1,655390	1,658842	1,660305
H	1,344169	1,416368	1,544687	1,546558	1,579475	1,640364	1,666082	1,669697	1,671033

Folgende nach Messungen von **Rudberg** hergestellte Tabelle ***) enthält die Brechungsverhältnisse der verschiedenen Farben in vier sehr häufig angewendeten doppeltbrechenden Krystallen: dem positiven Bergkrystall und weißen Topas, dem negativen Kalkspath und Aragonit. Es bezieht sich die Reihe sub o auf den gewöhnlich, die sub e auf den ungewöhnlich gebrochenen Strahl; die mit $\frac{1}{\pi}$, $\frac{1}{\nu}$, $\frac{1}{\mu}$

*) Gilb. Ann. Bd. LVI. S. 264. Münchener Denkschriften für 1814.

**) Radike, Handbuch der Optik. Bd. I. S. 128.

***) Radike, Handbuch der Optik. Bd. I. S. 122.

bezeichneten Reihen sind die Brechungsverhältnisse der Strahlen, welche in der Richtung der Elasticitätsaxen den Krystall durchlaufen (vergl. d. Art. Brechung, einfache und doppelte, sowie den Art. Licht):

Farbestrahlen	Bergkrystall (positiv einarig)		Topas (positiv zweiarig)		
	o	e	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{\nu}$	$\frac{1}{\mu}$
B	1,54090	1,54990	1,60840	1,61049	1,61791
C	1,54181	1,55085	1,60935	1,61144	1,61880
D	1,54418	1,55328	1,61161	1,61375	1,62109
E	1,54711	1,55631	1,61452	1,61668	1,62408
F	1,54965	1,55894	1,61701	1,61914	1,62652
G	1,55425	1,56365	1,62154	1,62365	1,63123
H	1,55817	1,56772	1,62539	1,62745	1,63506

Farbestrahlen	Kalkspath (negativ einarig)		Aragonit (negativ zweiarig)		
	o	e	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{1}{\nu}$	$\frac{1}{\mu}$
B	1,65308	1,48391	1,52749	1,67631	1,68061
C	1,65452	1,48455	1,52820	1,67779	1,68203
D	1,65850	1,48635	1,53013	1,68157	1,68589
E	1,66360	1,48868	1,53264	1,68634	1,69084
F	1,66802	1,49075	1,53479	1,69053	1,69515
G	1,67617	1,49453	1,53882	1,69836	1,70318
H	1,68330	1,49780	1,54226	1,70509	1,71011

Folgende Tabelle*) enthält die Zerstreuungsverhältnisse für die verschiedenen Substanzen; es bedeutet dn den Unterschied der zu den äußersten Farbestrahlen gehörenden Brechungsverhältnisse, und n das Brechungsverhältniß der mittleren Strahlen. Die Angaben rühren von Brewster, außer wo ausdrücklich die Namen: Brl. Barlow, Bsc. Boscowich, F. Faraday, H. Hauy, R. Rudberg beigefügt sind:

*) Radike, Handbuch der Optik. Bd. II. S. 450.

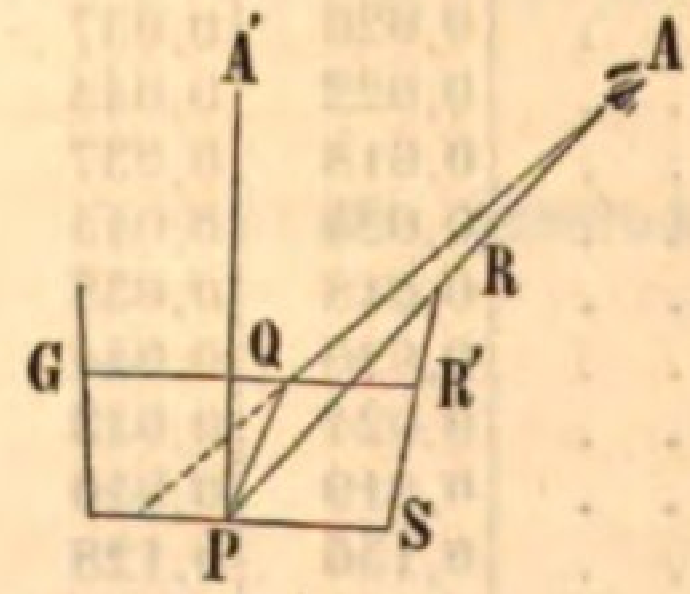
Substanzen	dn	$\frac{dn}{n-1}$	Substanzen	dn	$\frac{dn}{n-1}$
Alkohol	0,011	0,029	Fenchelöl	0,028	0,055
Apfelsäure	0,011	0,0282	Fenugreöl	0,024	0,050
Aether	0,012	0,037	Flohkrautöl	0,024	0,049
Alaun	0,017	0,036	Flußspath	0,010	0,022
Aloë	0,058	0,085	Frauenmünzöl	0,026	0,054
Ambra	0,041	0,023	Gewürznelkenöl	0,033	0,062
Ambraöl	0,012	0,032	Glas, gem. . . Bsc.		0,036
Angelicaöl	0,025	0,051	zu Bouteillen	0,023	0,040
Anisöl	0,044	0,074	braunes	0,025	0,044
Apophyllit . . . H.	0,017	0,031	dunkelrothes	0,044	0,060
Auge vom Kabeljau:			purpurrothes	0,031	0,051
Wasserfeuchtigkeit	0,012	0,035	oranges	0,042	0,053
Glasfeuchtigkeit	0,012	0,035	grünes	0,037	0,061
Axinit	0,022	0,030	(Flint-) borsaur.		
Balsam: Canada	0,024	0,045	Bleioxyd F.		0,0740
Copaiva	0,021	0,041	„ kieselh.bors.		
Peruvianischer	0,058	0,093	Bleioxyd F.		0,0703
Styrax	0,039	0,069	„ „ Bsc.	0,032	0,0527
Tolu	0,065	0,103	„ „ .	0,029	0,052
Baryt, schwefelsaurer	0,019	0,029	verschied. Sort. Bsc.		0,0457
kohlensaurer	0,015	0,0285			0,0525
Bergamotöl	0,023	0,049	(Crown) grün	0,020	0,036
Bernstein	0,023	0,041	„ verschiedene		0,033
Beryll	0,022	0,037	Sorten Bsc.		0,0346
Bergkrystall, ord. R.	0,01727	0,00315			
extr. R.	0,01782	0,00321	Granat	0,033	0,027
Bibergeil	0,018	0,036	Guajak	0,041	0,066
Bittermandelöl	0,048	0,079	Gummi-Ammoniak	0,037	0,063
Blausäure	0,080	0,0227	Gummi, arabisches	0,018	0,036
Blei, chromsaur. Mar.	0,770	0,400	Harz, gemein	0,032	0,057
„ Min.	0,388	0,262	Horn	0,025	0,045
essigsaur.	0,040	0,069	Kalkspath, ord. . R.	0,0455	0,03022
kohlensaur. Mar.	0,091	0,091	„ extr. . R.	0,0282	0,01389
„ Min.	0,056	0,066	Kümmelöl	0,033	0,065
schwefelsaur.	0,056	0,066	Kupfer, schwefels.	0,019	0,036
Borax, geschmolzen	0,014	0,030	Lavendelöl	0,021	0,045
Boraxglas	0,014	0,026	Leim	0,022	0,041
Cajeputöl	0,021	0,044	Leucit	0,018	0,035
Cassiaöl	0,089	0,039	Limeniöl	0,023	0,048
Cautschouk	0,028	0,052	Majoranöl	0,022	0,045
Chamillenöl	0,021	0,046	Mastix	0,022	0,038
Chrysoberyll	0,019	0'025	Mohnöl	0,020	0,044
Chrysolith	0,022	0,033	Myrrhengummi	0,020	0,037
Citronensäure	0,019	0,035	Nußöl	0,022	0,043
Copal	0,024	0,043	Obsidian	0,018	0,037
Cryolith	0,007	0,022	Olibanumgummi	0,024	0,045
Diamant	0,056	0,038	Olivenöl	0,018	0,038
Dillsamenöl	0,023	0,049	Pappelöl	0,020	0,044
Eisen, schwefels.	0,019	0,039	Pech, Burgunder	0,024	0,043
Eiweiß vom Ei	0,013	0,037	Pfeffermünzöl	0,019	0,040
Elemiharz	0,021	0,039	Phosphor	0,156	0,128
Epidot	0,024	0,035	Phosphorglas	0,017	0,03157
Feldkümmelöl	0,024	0,049	Phosphorsäure, feste	0,017	0,032
Feldspath	0,022	0,042	„ flüssige	0,012	0,0283

Substanzen	dn	$\frac{dn}{n-1}$	Substanzen	dn	$\frac{dn}{n-1}$
Pimentöl	0,026	0,052	Spinell	0,031	0,040
Pyrop	0,026	0,033	Spermacetöl . . .	0,021	0,053
Rapsöl	0,019	0,040	Spießglanz, salzsaur. .	0,026	0,041
Rautenöl	0,016	0,037	Steinsalz	0,029	0,059
Realgar, geschmolzen .	0,394	0,267	Stilbit	0,041	0,023
„ „ .	0,255	0,374	Strontian, kohlens. Mar.	0,032	0,046
Rhodiumholzöl . .	0,022	0,044	„ Min.	0,015	0,027
Rosmarinöl . . .	0,020	0,042	schwefels. .	0,015	0,024
Rubellit	0,035	0,027	Tabacköl	0,035	0,064
Sadebaumöl . . .	0,021	0,044	Terpentin	0,029	0,048
Salpeter, Min. . .	0,009	0,03040	Terpentinöl . . .	0,020	0,042
Salpetrige Säure . .	0,018	0,044	Theeröl	0,032	0,062
Salpetersäure . . .	0,019	0,045	Topas, bläulich . .	0,016	0,025
Salzsäure	0,016	0,043	blau . . .	0,025	0,024
Sandarrak	0,021	0,046	Turmalin	0,019	0,028
Sapphir, blau . . .	0,021	0,026	Thymianöl	0,024	0,050
Sassafrasöl	0,032	0,060	Wachholdergummi . .	0,025	0,046
Schildplatt	0,027	0,045	Wachholderöl . . .	0,022	0,047
Schwefel, zerschmolzen	0,149	0,130	Wasser	0,012	0,035
Schwefelbalsam	0,023	0,045	Weihrauch	0,028	0,048
Schwefelkohlenstoff bei			Weinöl	0,012	0,032
—0°,56 C. Brl.	0,03067		Wurmholzöl . . .	0,022	0,049
bei +28°,89 C. Brl.	0,03084		Weinsteinsäure . . .	0,016	0,030
Schwefelkupfer . . H.	0,019	0,036	Ysopöl	0,022	0,044
Schwefelsäure . . .	0,014	0,031	Zirkon	0,045	0,044
Selenit	0,020	0,037	Zucker	0,020	0,036
Smaragd	0,015	0,026			

Die Naturerscheinungen, welche in der Brechbarkeit des weißen Lichtes in farbige Strahlen ihre Erklärung finden (z. B. Regenbogen u. a.) siehe an ihren Orten.

Brecher im Meere, s. Meer.

Brechung des Lichtes, einfache Refraction, (lat. refractio; franz. und engl. refraction) ist die Erscheinung, daß das Licht, indem es von einem durchsichtigen Körper in einen andern übergeht, nicht in derselben geraden Linie fortgeht, sondern in irgend einer andern geraden Linie, die mit der, welche den Weg im ersten Körper bezeichnet, einen bestimmten Winkel macht.

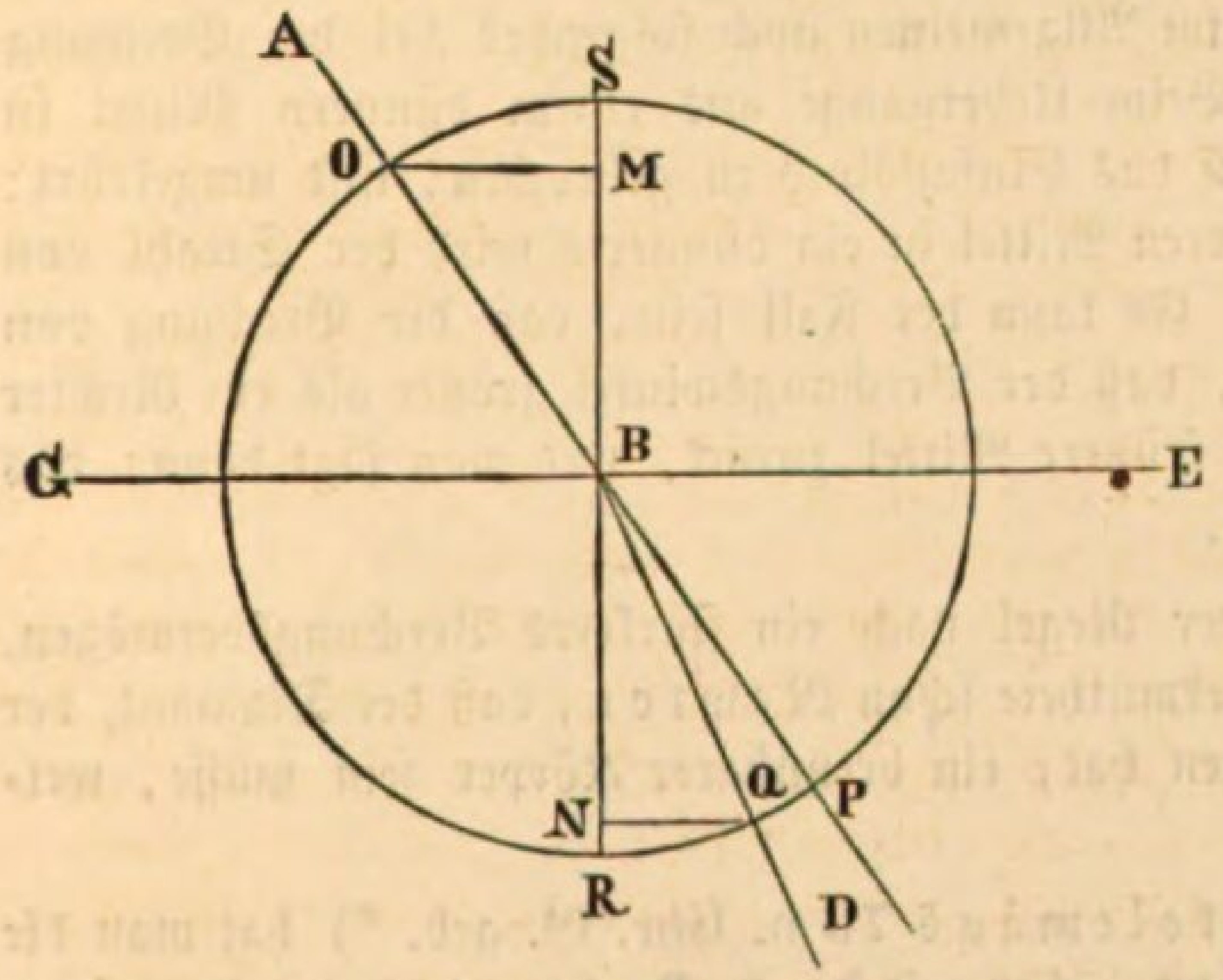


Folgender leicht anzustellender Versuch macht die ganze Erscheinung leicht begreiflich. GS sei ein Gefäß, P ein bezeichneter Punkt auf dem Boden des Gefäßes, R der Rand des Gefäßes. Dieses sei leer und das Auge des Beobachters sei bei A so angebracht, daß er gerade über R hinweg P sieht; dann ist AP eine gerade Linie, und für das Auge bei A scheint P unmittelbar bei R zu liegen, AP ist die Richtung des von P kommenden Lichtes in der Luft. Gießt man nun aber das Gefäß GS voll Wassers bis GR', so erscheint der Punkt P dem Auge bei A nicht mehr unmittelbar bei R, sondern etwas weiter vom Rande ab bei Q. Das Auge

sieht also jetzt den Punkt P in der Richtung AQ; da aber weder das Auge bei A, noch der Punkt P verrückt worden ist, so muß der Grund zu der ganzen Erscheinung in dem Umstande liegen, daß an die Stelle der Luft, durch welche vorher P gesehen wurde, zum Theil Wasser getreten ist. Im Wasser muß sich folglich das von P ausgehende Licht in der Richtung PQ fortpflanzen, und dann in der Luft in der Richtung QA. Daß dieses wirklich sich so verhalte, kann man durch folgenden Versuch noch deutlicher machen. Bringt man einen undurchsichtigen Körper in irgend einen Punkt der Richtung AQ, so verschwindet dem Auge der Anblick von P, und eben dieses geschieht, wenn man den undurchsichtigen Körper in einen Punkt der Richtung QP bringt, woraus denn klar folgt, daß PQ und QA die verschiedenen Richtungen angiebt, in welcher das Licht durch Wasser und Luft sich fortsetzt; diese beiden PQ nnd QA machen aber den Winkel PQA mit einander, und man sagt daher, das Licht werde bei seinem Uebergange von Wasser und Luft gebrochen.

Statt der Luft und des Wassers hätten irgend zwei andere durchsichtige Körper genommen werden können, dann wäre der Winkel PQA bei jedem andern Körper ein anderer geworden, aber nur in sehr wenigen Fällen wäre dieser Winkel $= 180^0$ geworden oder, was dasselbe ist, PQ und QA hätten eine gerade Linie mit einander ausgemacht. Nur in einem Falle wird nie ein Brechungswinkel beim Uebergange aus einem Mittel in das andere zu bemerken sein; dann nämlich, wenn das Auge senkrecht über P steht, also in A'; dann sieht das Auge stets den Punkt P in der geraden Linie A'P.

Da bei verschiedenen Körpern der durchgehende Strahl verschieden gebrochen wird, so spricht man von einem Brechungsverhältniß zweier Körper. Gesetzt es begrenzen sich zwei verschiedenartige Körper in GE und der Strahl gehe durch den einen (den oberen) in der Richtung AB, und mache mit der Senkrechten SB den Winkel ABS. Die Senkrechte SB heißt das Einfallsloth. In dem durchsichtigen Körper unterhalb GE gehe der Strahl in der Richtung BD fort; dann ist W. RBD größer oder kleiner als W. ABS. Ist W. RBD > W. ABS, so sagt man: der Strahl werde von dem Einfallsloth abgebrochen; ist aber W. RBD < W. ABS, so sagt man: der Strahl werde auf das Einfallsloth zu gebrochen. Verlängert man AB, so daß W. RBP = W. ABS wird, so nennt man W. RBD den Brechungswinkel und W. DBP (welcher der Unterschied der Winkel ABS und RBD ist) den gebrochenen Winkel. ABS heißt der Einfallswinkel, und die Ebene, in welcher derselbe liegt, die Einfallsebene.



Bei der Brechung findet nun das Gesetz statt: daß der gebrochene Strahl (BD) stets in der Einfallsebene liegt. Nimmt man ferner

eine beliebige Linie BO in den Zirkel, und schlägt mit derselben als Halbmesser eine Kreislinie um B als Mittelpunkt, fällt darauf eine Senkrechte OM von O auf BS und eine andere QN von Q auf BR, so findet zwischen OM und QN ein gewisses Verhältniß statt. Welches nun auch die Neigung der Linie AB gegen BS sein mag, immer wird man zwei Linien, wie OM und QN, zeichnen können, und es ist ein zweites Gesetz der Brechung, daß, so lange die brechenden Körper dieselben bleiben, das Verhältniß dieser Linien für jede Neigung der Linie AB gegen BS = OM : QN ist. Da aber in der Mathematik OM der Sinus des W. ABS, QN der Sinus des W. RBD heißt, und ebenso die OM und QN entsprechenden Linien für andere Winkel die Sinus dieser Winkel heißen; so spricht man dies Gesetz auch, wie folgt, aus: Für dasselbe brechende Mittel ist das Verhältniß zwischen den Sinussen des Einfallswinkels und des Brechungswinkels beständig (constant) und unabhängig von der Neigung des einfallenden Strahles gegen das Einfallsloth. Nennen wir jeden Winkel, welcher W. ABS entspricht, oder den Einfallswinkel, a, und jeden Winkel, welcher W. RBD entspricht, oder den Brechungswinkel, b, so können wir eine Proportion ansetzen: (sin. bezeichnet: Sinus des Winkels)

$$\sin. a : \sin. b = n : 1.$$

Hier ist n eine Größe, welche aus den übrigen Gliedern der Proportion bestimmt werden kann; sie ist bekanntlich

$$n = \frac{\sin. a}{\sin. b}$$

und diese Größe heißt man mit mathematischem Ausdrucke den Exponenten des Brechungsverhältnisses, oder kurzweg den Brechungsexponenten. — Endlich läßt sich im Allgemeinen noch folgendes bei der Brechung stattfindendes Gesetz aufstellen. Beim Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres wird der Strahl auf das Einfallsloth zu gebrochen, und umgekehrt: beim Uebergange aus einem dichteren Mittel in ein dünneres wird der Strahl von dem Einfallslothe ab gebrochen. Es kann der Fall sein, daß die Brechung von dem Einfallslothe ab so stark ist, daß der Brechungswinkel größer als ein Rechter ist; dann geht der Strahl in das frühere Mittel zurück, und man sagt dann: das Licht erleide eine totale Reflexion.

Brennbare Körper haben der Regel nach ein stärkeres Brechungsvermögen, als nicht brennbare. Hiernach vermuthete schon Newton, daß der Diamant, der ein sehr großes Brechungsvermögen hat, ein brennbarer Körper sein müsse, welches sich später bestätigt hat.

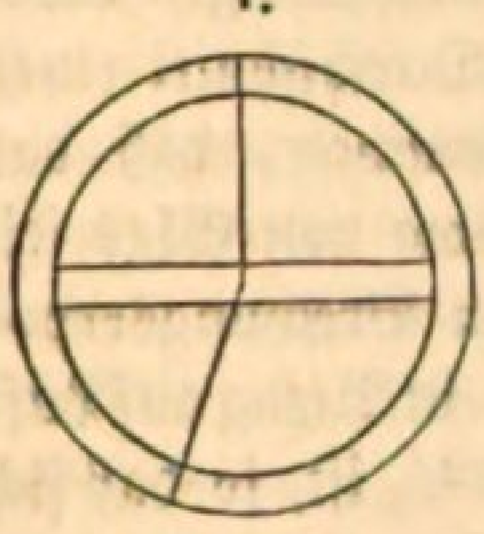
Schon in alten Zeiten (Ptolemäus 70 n. Chr. G. geb. *) hat man die Erscheinung der Brechung beobachtet, aber erst durch Descartes (oder, wie er lat. genannt wird, Cartesius **) geb. 1596, gest. 1650) sind die Gesetze der Brechung bekannt geworden, dieser soll aber durch die ungedruckten Schriften des jung verstorbenen Willebrord Snellius auf diese Gesetze geführt worden sein. Man faßt dieselben unter dem Namen „Cartesisches Gesetz" gewöhnlich zusammen.

---

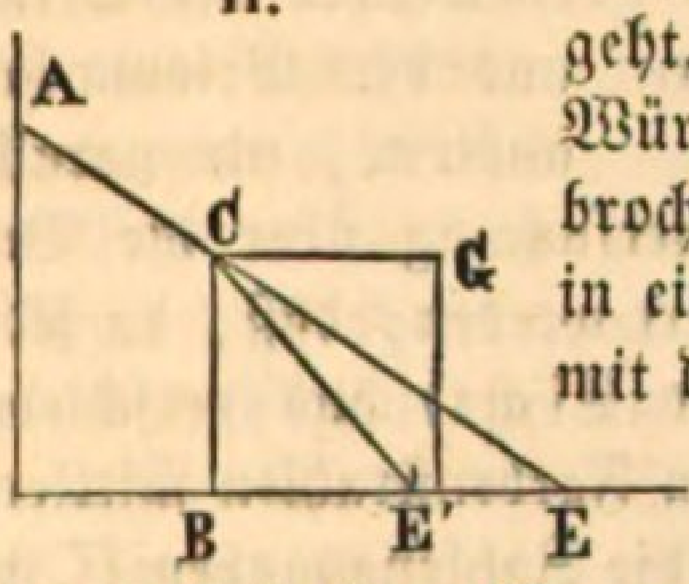
*) Vergl. Gilb. Ann. Bd. XL. S. 374 ff.
**) Cartesii Dioptrice cap. II.

Die älteste Weise, die Größe der Brechung bei Flüssigkeiten, namentlich bei Wasser, zu beobachten, ist folgende. Ein in Grade eingetheilter Kreis (Fig. I.) ist so eingerichtet, daß in seinem Mittelpunkte 2 Lineale beweglich sind. Darauf wird er zur Hälfte in die zu untersuchende Flüssigkeit getaucht. Dem einen Lineale wird unter dem Wasser eine bestimmte Stellung gegeben, darauf das andere Lineal außerhalb der Flüssigkeit in die Richtung gestellt, in welcher dem Auge der Endpunkt des Lineals in der Flüssigkeit erscheint. — Eine Art die Brechung bei festen Körpern zu beobachten ist folgende. Man läßt in ein dunkeles Zimmer durch eine kleine Oeffnung einen Lichtstrahl fallen. Nun stellt man eine undurchsichtige Wand senkrecht so auf, daß der Strahl gerade über ihren obern Rand hingeht. A (F. II.) stelle die Oeffnung vor, durch welche der Strahl dringt, BC die undurchsichtige Wand, AE den Strahl, wie er durch die Luft geradlinig fortgeht. Stellt man nun vor die Wand BC einen gläsernen Würfel BG, so wird durch diesen der Strahl von C aus gebrochen, er geht nicht mehr in der Richtung CE, sondern nun in einer andern CE′ fort. Die Winkel, welche CE und CE′ mit dem Einfallslothe BC machen, können gemessen werden. — Wenn man durch einen durchsichtigen Körper einen Strahl so hindurch gehen läßt, daß er aus der Luft eintretend in den Körper, aus diesen wieder in die Luft hinausgeht, so wird der Strahl zweimal gebrochen. Hat der durchsichtige Körper parallele Seitenflächen, so fällt der austretende Strahl zwar nicht in die Verlängerung der geraden Linie, in welcher er nach dem durchsichtigen Körper kam, aber in einer dieser ersten parallelen Richtung. Dies läßt sich zeigen (Fig. III.). ZZZZ sei ein durchsichtiger Körper (als Durchschnitt in der Einfallsebene dargestellt), von S komme der Strahl SA, dieser werde gebrochen in die Richtung AB, so ist der Brechungsexponent n für den Körper nach dem Obigen $= \frac{LM}{ED}$; da der Strahl beim Austritt bei B wieder in die Luft geht, so muß KN = LM sein*), BN = AL, W. BKN = LMA = R, folglich Dr. KBN = Dr. MAL, folglich W. KBN = LAM, MA parallel BK, folglich auch BN parallel SA. Wie viel durchsichtige Körper mit parallelen Seitenflächen

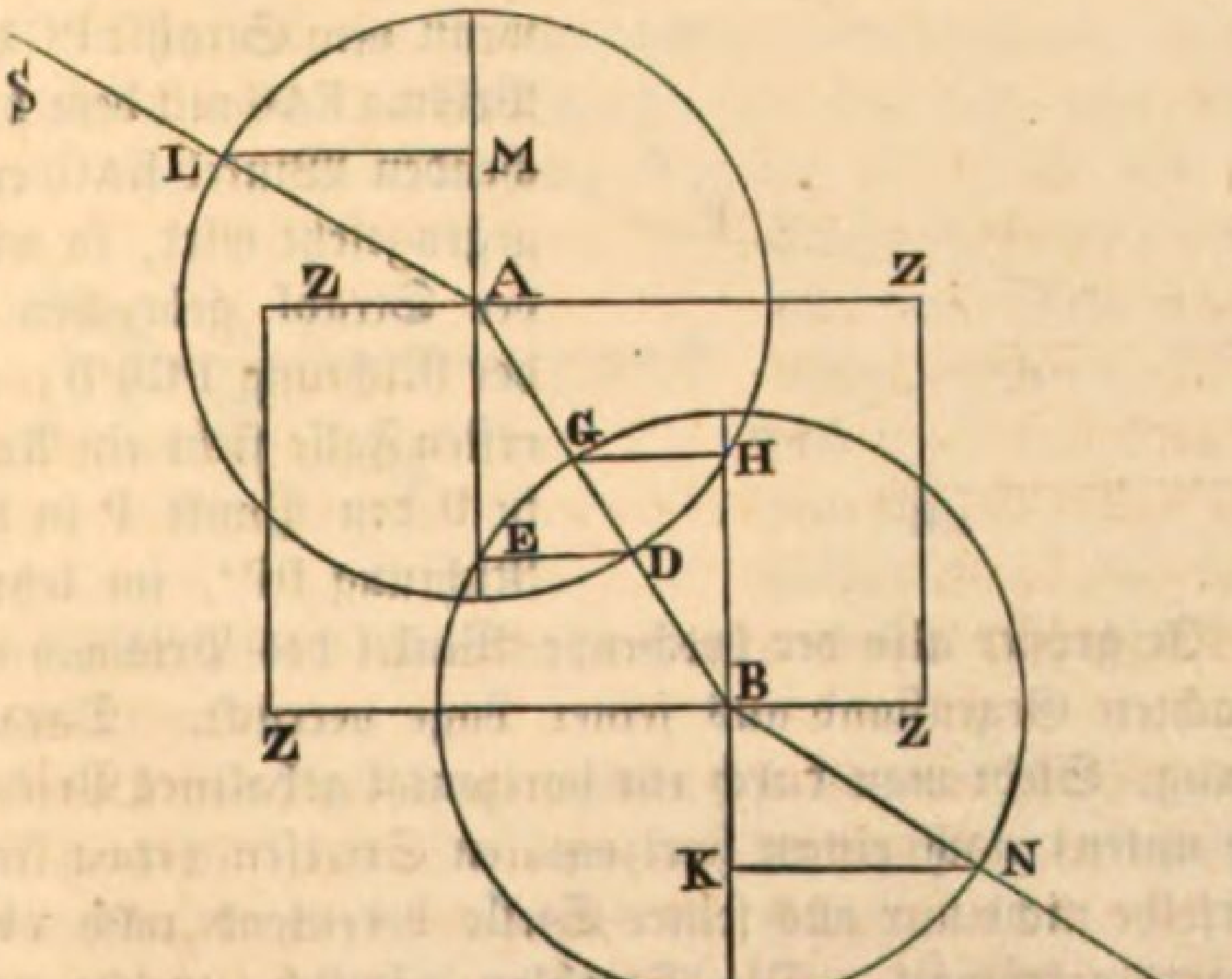
I.



II.



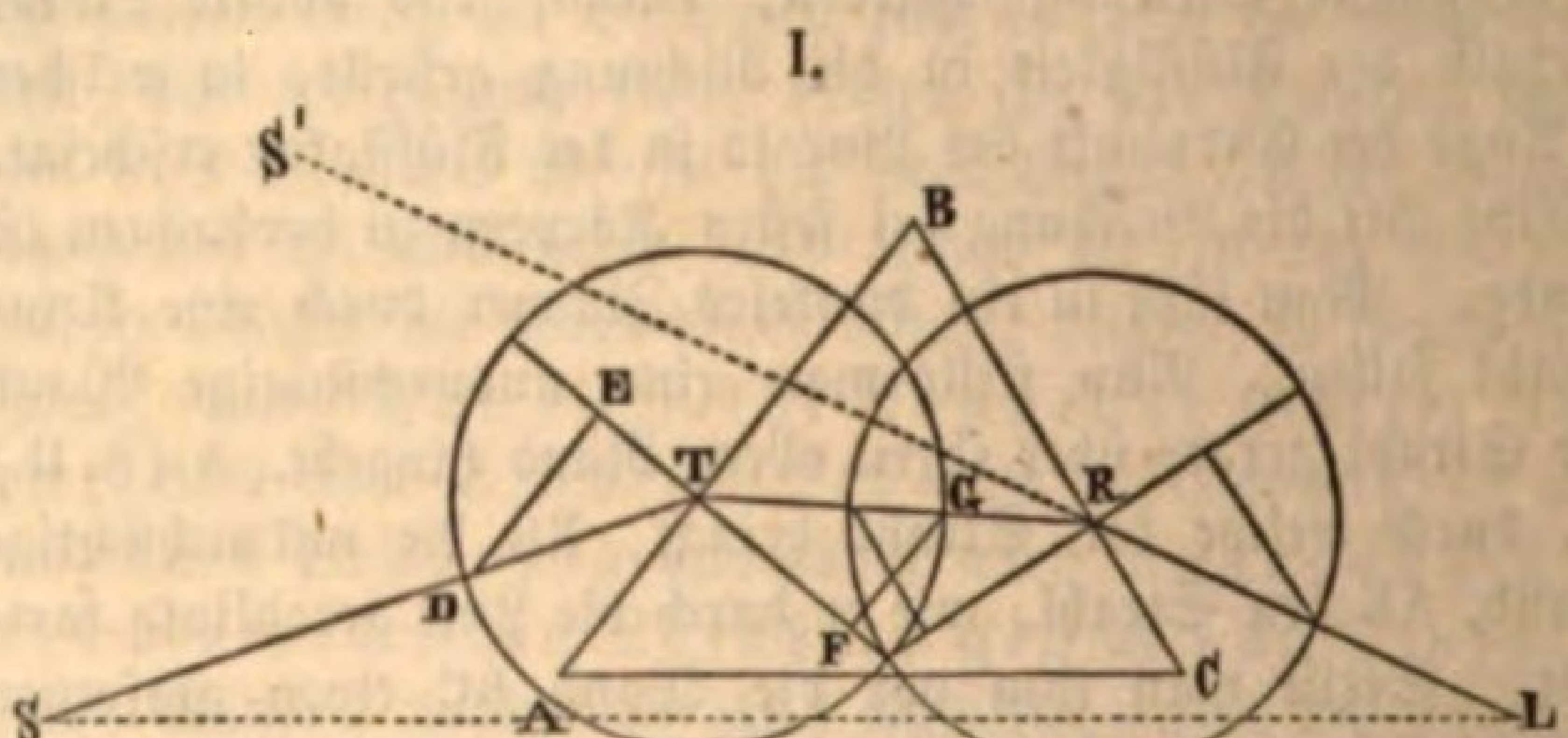
III.



*) Wenn nämlich die Construction der Linien LM, ED, GH, KN, so gemacht wird, wie oben S. 873, und die Halbmesser BN und AL gleich sind.

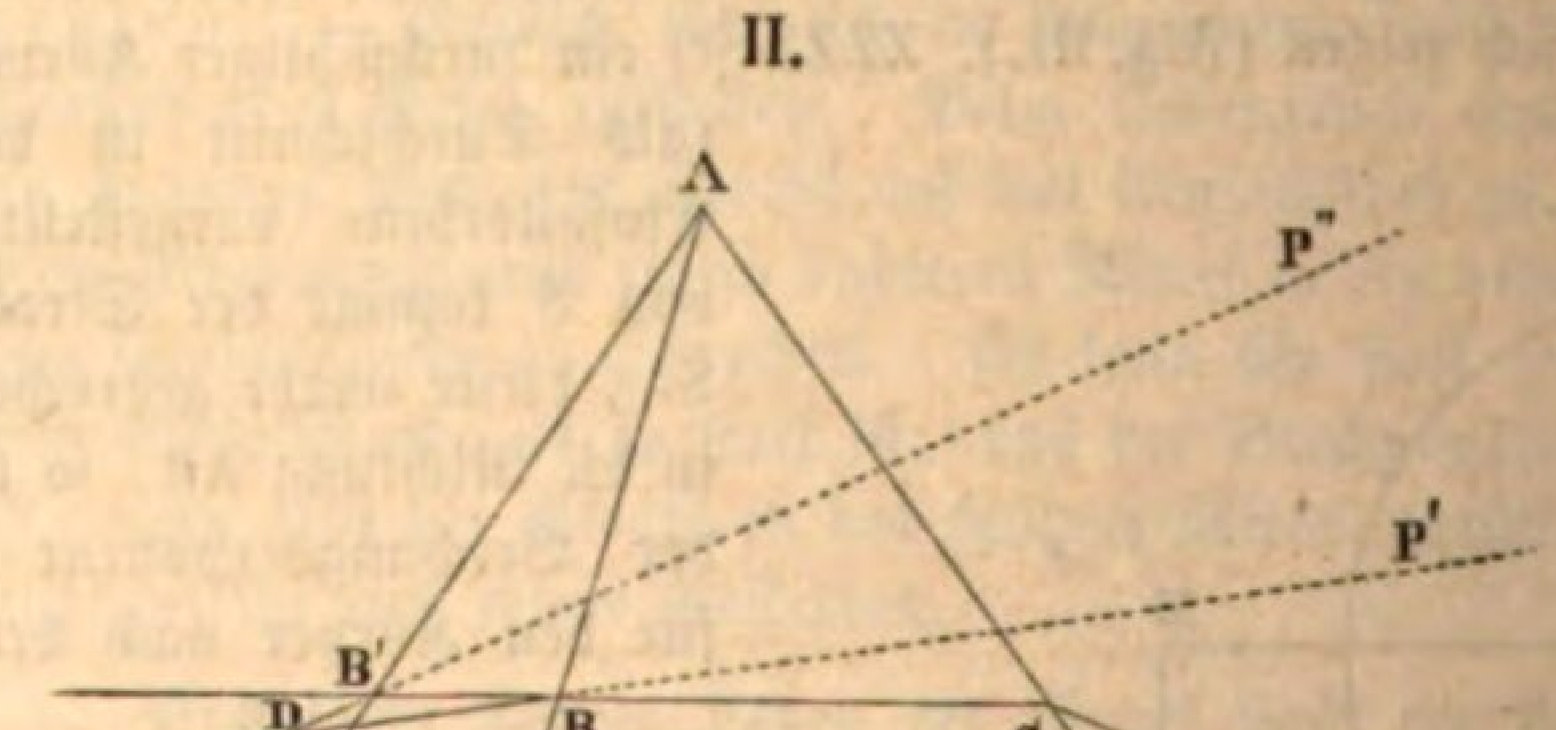
man auch neben einander legen mag, immer wird beim Heraustreten in die Luft der Strahl in einer Richtung fortgehen, die parallel ist derjenigen, welche er hatte, ehe er in den ersten Körper eintrat. Anders verhält es sich bei durchsichtigen Körpern mit nicht parallelen Seitenflächen. Fig. I. stellt in ABC den Durchschnitt eines dreiseitigen Prismas in der Einfallsebene dar. Es ist angenommen, daß das Prisma von Glas sei, dessen Brechungsexponent in Bezug auf Luft etwa $^2/_3$ ist, so daß sich verhält DE : FG = 3 : 2. Aus der Zeichnung sieht man leicht, wie hier RL, die Linie in welcher der Strahl aus dem Prisma heraustritt, nie parallel ST sein kann. Daher bedient man sich zu genauerer Untersuchung über die Brechung solcher dreiseitiger Prismen. Es muß hier erinnert werden, daß, da jeder Strahl weißen Lichts (s. d. Art. Brechbarkeit und Licht) aus verschieden brechbaren Farbenstrahlen besteht, hier immer nur von den Farbenstrahlen mittlerer Brechbarkeit die Rede ist, und daß sich auf diese auch die Zahlenangaben (s. die folgende Tabelle) beziehen.

I.



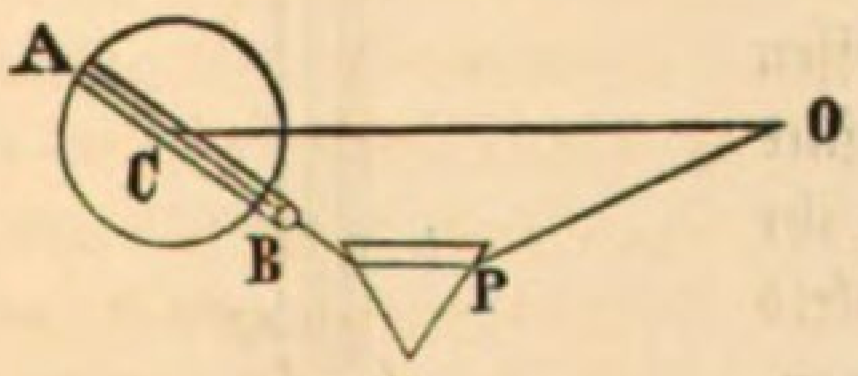
Die Größe der Brechung zeigt sich abhängig von der Größe des brechenden Winkels des Prismas. Denn wenn in Fig. II. dem Strahle BC das Prisma FGA, dessen brechender Winkel also FAG, entgegengesetzt wird, so wird der Strahl gebrochen nach CBD, und wenn dem Strahle PC das Prisma EAG mit dem brechenden Winkel EAG entgegengesetzt wird, so wird der Strahl gebrochen in der Richtung PCB'D; im ersten Falle sieht ein Auge in D den Punkt P in der Richtung DP', im letzten aber in der Richtung DP''. Je größer also der brechende Winkel des Prismas ist, desto mehr erscheint der betrachtete Gegenstand aus seiner Lage verrückt. Daraus erklärt sich folgende Erscheinung. Sieht man durch ein horizontal gehaltnes Prisma (den brechenden Winkel nach unten) nach einem horizontalen Streifen (etwa Fensterrahmen), so erscheint derselbe nicht nur aus seiner Stelle bedeutend nach oben verrückt, sondern auch aufwärts gekrümmt. Die Strahlen nämlich, welche vom Streifen seitwärts zum Auge gelangen, gehen schief durch das Prisma, und werden folglich stärker gebrochen, als die mittleren Strahlen, da ein schiefer Schnitt durchs Prisma einen größeren brechenden Winkel giebt, als ein senkrecht gegen die Axe des Prisma geführter Schnitt.

II.



Noch ein wichtiger Umstand ist zu bemerken. Wenn man nämlich durch ein Prisma nach einem Punkte hinsieht und dreht dabei das Prisma langsam um seine Axe, so findet man eine Stellung des Prismas, in der die Brechung am geringsten ist, d. h. wo der betrachtete Punkt am wenigsten aus seiner wirklichen Stellung herausgeschoben erscheint. Dies ist dann der Fall, wenn der von dem betrachteten Punkte durch das Prisma nach dem Auge gehende Strahl so gebrochen wird, daß er bei seinem Eintritt und Austritt gleiche Winkel mit dem Prisma macht. Sobald man das Prisma aus der Stellung, in welcher die geringste Brechung erfolgt, vor- oder rückwärts herausdreht, wird die Brechung stärker. Man kann diese Erscheinung sehr leicht in folgender Art beobachten. Man mache auf ein weißes Papier einen schwarzen Punkt und halte nun das Prisma so, daß man durch dasselbe den Punkt sieht, und zwar wegen der Brechung verrückt von seiner wahren Stelle, nahe an der Kante des Prismas, und zugleich über dem Prisma den Punkt auf dem Papiere selbst, also überhaupt zwei Punkte erblickt. Wendet man nun das Prisma langsam um seine Axe, so daß der brechende Winkel von unten nach oben rückt, so rücken sich die beiden Punkte immer näher, indem der im Prisma gesehene sich bewegt; endlich scheint der Punkt im Prisma still zu stehen, bald aber bewegt er sich wieder und entfernt sich nun wieder immer mehr von dem Punkte auf dem Papiere.

Der Punkt S, (Fig. I. S. 876) welcher dem Auge in L, wenn kein brechender Körper zwischen S und L befindlich wäre, in der Richtung LS erscheinen würde, erscheint dem Auge durch das Prisma in der Richtung LS′. Um nun das Brechungsverhältniß einer festen Substanz zu bestimmen, hat man nur nöthig daraus ein Prisma zu schneiden, ja es wird hinlänglich sein, zwei Flächen, die unter einem bekannten Winkel gegen einander geneigt sind, anzuschleifen. Man stellt sodann den Körper so in einen Lichtstrahl, daß derselbe auf einer jener Seitenflächen des Körpers unter einem bekannten Einfallswinkel einfällt und auf der andern ausfällt, und mißt nun den RLS (Fig. I. S. 876) entsprechenden Winkel. Diese Messung, aus welcher sich der Brechungsexponent berechnen läßt, kann auf mehrfache Art angestellt werden. Fraunhofer ließ vor einer sehr entfernt stehenden Lampe durch eine kleine Oeffnung O einen Lichtstrahl OP auf ein Prisma PB fallen.

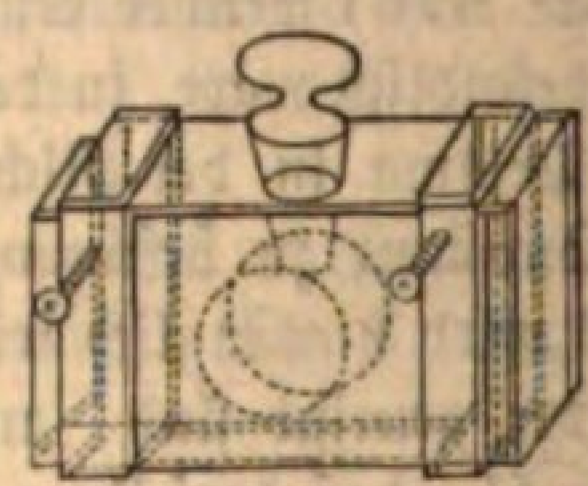


Dieses Prisma stand dicht vor einem Fernrohre AB, und dieses wurde (um C drehbar) so gerichtet, daß der gebrochene Strahl hindurch ging und bei A ins Auge des Beobachters fiel. Um den Mittelpunkt C war ein in Grade ꝛc. eingetheilter Kreis angebracht; auf diesem konnte man den Winkel OCB ablesen, den der directe Strahl OC und der gebrochene BA mit einander machten.

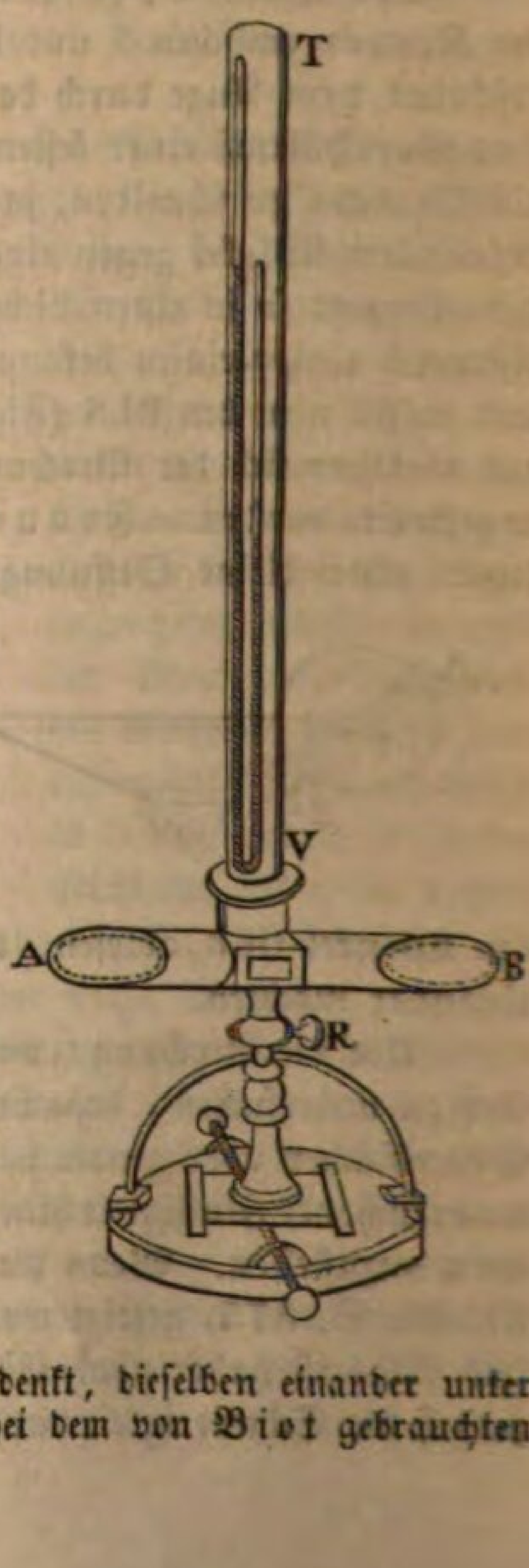
Um die Brechung, welche bei einer Flüssigkeit stattfindet, auf ganz ähnliche Art zu untersuchen, braucht man nur ein hohles Prisma aus Glastafeln, deren Seitenflächen aber genau parallel mit einander sein müssen, zu fertigen, die zu untersuchende Flüssigkeit hineinzugießen und die Beobachtung nun wie bei festen Körpern anzustellen. Wenn die Glastafeln parallele Seitenflächen haben, so wird durch sie, wie S. 875. gezeigt worden, der Strahl nicht in einem Winkel gebrochen, und das Glas ist daher ohne Einfluß auf die Winkelbeobachtung. Hierbei bietet sich jedoch die Schwierigkeit dar, wie die Glastafeln, welche das Prisma bilden sollen,

unter einander befestigt werden sollen; bei bloßem Aneinanderschrauben würden sie nicht fest genug zusammenhalten, um das Durchdringen der Flüssigkeit zu hindern, wollte man sie aber durch Kitt an einander befestigen, so könnte sich leicht ein wenig von diesem Kitt auflösen, und dadurch das Brechungsvermögen der Flüssigkeit geändert werden. Biot*) hat sich daher folgender sinnreichen Vorrichtung bedient. Er nahm eine dicke Glastafel, wobei auf die Beschaffenheit (Reinheit, Durchsichtigkeit rc.) wenig ankam, bohrte ein Loch hindurch, und schnitt dann die Glasplatte prismatisch zu, so daß das Loch von einer Seitenwand des Prismas nach der anderen ging. Die durchbohrten Seitenwände wurden sorgfältig polirt; legte man dann über die beiden Mündungen des Loches ebene Spiegelplatten, so blieben diese bei Anwendung eines leichten Druckes von selbst haften, gemäß den Gesetzen der Haarröhrchenanziehung. Um mit Leichtigkeit die Flüssigkeiten in die zu ihrer Aufnahme bestimmte Höhlung bringen zu können, ohne die Spiegelplatten jedesmal abnehmen zu dürfen, bringt man in die Dicke des Prismas einen nach der Höhlung führenden Kanal an, der durch einen mit Schmirgel eingeriebenen Glasstöpsel geschlossen werden kann. Damit die Spiegelplatten bei der Bewegung des Prismas nicht abgleiten, hält man sie durch kupferne Schienen fest, welche durch Schrauben gegen ihre Oberfläche leicht angedrückt werden. Besonders muß auch hier darauf gesehen werden, daß die Spiegelplatten parallele Flächen haben, damit das Glas ohne Einfluß auf die Brechung sei. Fig. I. stellt ein solches Prisma dar, die Seitenflächen laufen nach unten zusammen, der brechende Winkel des Prismas ist aber abgeschnitten. Durch die mittelst der Spiegelplatten geschlossene Höhlung wird der zu brechende Lichtstrahl geleitet.

I.



II.



Das Brechungsvermögen der Gasarten wird auf die nämliche Art beobachtet, wie das der tropfbaren Flüssigkeiten, indem dieselben nämlich in hohle Prismen von parallelflächigen Spiegelplatten eingeschlossen werden. Da die Gase bei weitem weniger dicht sind als die festen und tropfbarflüssigen Körper, so ist ihr Brechungsvermögen bei gleicher Größe des Winkels des brechenden Prismas weit geringer als bei jenen. Man muß sich daher eines Prismas bei ihnen bedienen, dessen brechender Winkel sehr groß ist. Biot und Arago bedienten sich eines Prismas, dessen Winkel 145° 7′ 28″ betrug. Biot beschreibt dasselbe wie folgt: Es besteht aus einer dicken cylindrischen Glasröhre, Fig. II. deren beide Enden A, B prismatisch zugeschnitten**), und durch parallelflächige

*) Traité T. III. p. 220 ff.

**) D. h. so, daß wenn man die Flächen verlängert denkt, dieselben einander unter einem bestimmten Winkel schneiden. Wie erwähnt, waren bei dem von Biot gebrauchten

Spiegelplatten verschlossen sind, die man sorgsam damit verkittet hat. Die Röhre ist unten durchbohrt, und mit einem Hahn R versehen, der an eine Luftpumpe oder auf Recipienten angefügt werden kann, wodurch man in den Stand gesetzt wird, das Prisma luftleer zu machen und die zu beobachtenden Gasarten hineinzubringen. Da sich die Brechung für eine und dieselbe Substanz bei veränderter Dichtigkeit derselben nicht gleich bleibt, diese aber bei den Gasarten in sehr beträchtlichem Verhältniß sich ändert, je nachdem Druck und Temperatur verschieden werden; so muß, um alle Versuche auf vergleichbare Bestimmungen zurückzuführen, auf Druck und Temperatur Rücksicht genommen werden *).

Um den Druck zu messen, fügt man an das Prisma eine verticale Röhre TV, welche mit seinem Innern Gemeinschaft hat, und ein Heberbarometer in sich schließt, dessen offener Schenkel hinreichend lang ist, daß das Quecksilber darin bei bewirkter Luftleere im Prisma mit dem Quecksilber im andern Schenkel ins Niveau kommen kann. Die Höhe, in welcher das Quecksilber dieses Barometers durch das inwendige Gas erhalten wird, mißt den Druck. Um zur Kenntniß der Temperatur zu gelangen, könnte man auch in das Prisma ein kleines Thermometer einsenken, allein es würde erforderlich sein, dasselbe in der Mitte seines Innenraumes anzubringen, was ein Hinderniß für das Sehen abgeben würde. Zweckmäßiger ist es daher, zwei sehr empfindliche Thermometer auswendig am Prisma und ganz nahe an seinen Flächen oder selbst in Berührung damit aufzuhängen. Die Temperatur dieser Flächen, wie sie vom Thermometer angegeben wird, läßt sich ohne merklichen Irrthum für die der Gasart, welche die Flächen inwendig, sowie der Luft, welche sie auswendig berührt, annehmen, da man weiß, mit welcher außerordentlichen Leichtigkeit die Gasarten sich mit der Temperatur der umgebenden Körper gleich setzen. Ueberdies wendet man alle mögliche Vorsicht an, daß die Temperatur am Orte des Versuchs wenig Abänderungen erleide, und daß insbesondere diese nur langsam erfolgen können.

Dies Prisma ist auf einem auf seiner Länge senkrechten Fuße angebracht, der es in einer horizontalen Lage hält. Der Ort der Beobachtung und der Gegenstand, welcher als Signal dient, müssen so gewählt sein, daß beide in der nämlichen Horizontalebene liegen, welche durch die Mitte des Prismas geht. Man beobachtet die Ablenkung mittelst eines Vervielfältigungskreises, dessen Rand man auch in die nämliche Ebene stellt, erst annäherungsweise, dann genau; durch Erfüllung der Bedingung daß, wenn das obere Fernrohr seines Randes erst nach dem direct gesehenen Gegenstande, dann nach dem gebrochenen Bilde gerichtet wird, beide sich immer auf dem nämlichen, im Innern des Rohrs horizontal ausgespannten Faden befinden. Um sich von dieser Horizontalität der Fäden überzeugen zu können, ist es gut, wenn das Signal an einer der Flächen eines großen Gebäudes befindlich ist, welches vermöge seiner Bauart lange Horizontallinien darbietet, nach

---

Instrumente die Flächen so gegen einander geneigt, daß der Winkel, den sie verlängert mit einander gemacht hätten, 143° 7′ 28″ betrug.

*) Barlow vermuthet nach von ihm angestellten Versuchen, daß sich das Brechungsvermögen (desselben Körpers) zugleich mit der Dichte ändere. Er hat nämlich gefunden, daß das Brechungsverhältniß des Schwefelkohlenstoffes zwischen 0° und 100° C in der Voraussetzung einer gleichförmigen Veränderung um $^1/_{10}$ abnimmt, welches Verhältniß nahe der zugehörigen Ausdehnung des Schwefelkohlenstoffes entspricht.

welchen man sich richten kann. Dann wird man keinen bessern Visirpunkt wählen können, als einen verticalen Blitzableiter, der sich als eine schwarze Linie an das Himmelsgewölbe darstellt.

Hier, wie bei den festen und tropfbar flüssigen Körpern, stellt man die Beobachtung immer so an, daß man das obere Fernrohr des Kreises abwechselnd auf den directen Gegenstand und das gebrochene Bild richtet, um den Ablenkungswinkel zu messen. Zunächst wird man die Brechung der atmosphärischen Luft zu untersuchen haben. Zu diesem Zweck entfernt man die Luft aus dem Prisma mittelst der Luftpumpe. Hierdurch erhält man zwar keine vollkommene Leere; wenn jedoch die Dichtigkeit der inwendigen Luft ausnehmend vermindert ist, so daß sie die Barometersäule nur noch bis zu einer Höhe von einigen Millimetern zu tragen vermag, so beobachtet man diese Höhe, und zieht sie mit in Rechnung. Man hat also auf diese Weise ein luftleeres oder beinahe luftleeres Prisma eingetaucht in die atmosphärische Luft; die Lichtstrahlen müssen also, wenn sie in dasselbe eindringen, eine Ablenkung erfahren, bedingt durch den Ueberschuß der brechenden Kraft der äußern Luft; und dem ist in der That so. Wenn das obere Fernrohr des Kreises erst unmittelbar auf das Signal durch die Luft hindurch gerichtet wird, und man dann das Prisma dazwischen bringt, so zeigt sich das Bild bedeutend verrückt. Stellt man das Fernrohr wieder auf den Visirpunkt, indem man den Rand in Bewegung setzt, und kehrt das Prisma Punkt für Punkt um, so wird die Ablenkung, sowie die Verrückung des Signals verdoppelt. Bei unsern (Biot und Arago's) Versuchen z. B. befand sich das Prisma in einem der Zimmer des Schlosses Luxemburg, dem Observatorium gegenüber, dessen Blitzableiter uns zum Visiren dienten. Das Umkehren des Prismas versetzte den Faden des Fernrohrs von einem Ende des Gebäudes zum andern, oder richtiger gesprochen, während das Fernrohr unverrückt blieb, schien sich das Gebäude um die ganze Weite von der rechten nach der linken Seite des Fadens zu verrücken. Um die Brechung der Luft von verschiedenen Dichtigkeiten zu beobachten, verfährt man auf die nämliche Art: nur muß man die Luft bloß bis zu der Grenze entleeren, für welche die Beobachtung angestellt werden soll und welche vom inwendigen Barometer angegeben wird.

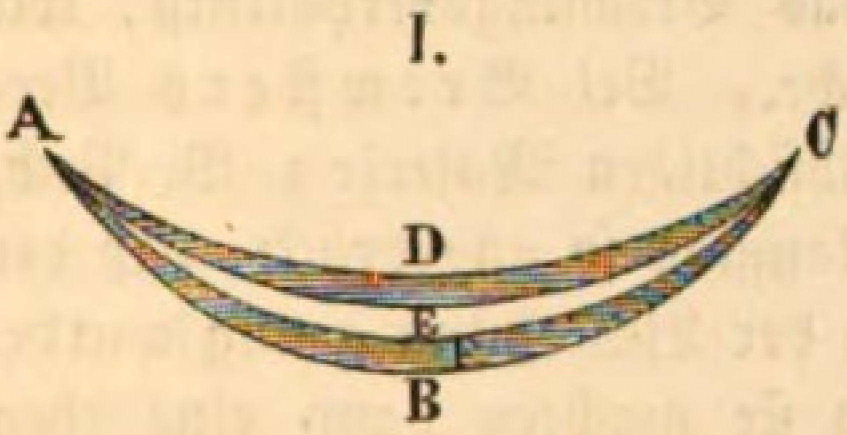
Will man Untersuchungen über andere Gasarten als die atmosphärische Luft anstellen, so muß man erst das Prisma von dieser so weit als möglich entleeren, die Dichtigkeit des noch übrig gebliebenen Rückstandes derselben beobachten, und dann die Gasart hineinbringen. Dies bewerkstelligt man über einer pneumatischen Wanne mit Wasser, oder mit Quecksilber, wenn das Gas sich im Wasser aufzulösen vermag. Das Prisma und die Glocke, welche das Gas enthält, müssen, wie bei der Wägung der Gasarten, mit einander durch einen doppelten Hahn in Verbindung stehen, um zu verhüten, daß keine Wasserblasen in den Hals des Instruments mit hineingerissen werden können.

Um im Prisma eine trockne Leere oder trockene Gasarten zu erhalten, müßte man in die Glasröhre, welche über ihr aufgesetzt ist, eine gewisse Menge kaustischen Kali's einbringen, welche alle Feuchtigkeit einzusaugen vermöchte. Diese wirkt im leeren Raum schnell, und verschluckt die Feuchtigkeit augenblicklich; in der atmosphärischen Luft oder andern Gasarten aber bedarf es einer gewissen Zeit, daß die Dünste sich niederschlagen und mit dem Alkali verbinden. Wollte man hingegen das Brechungsvermögen der Wasserdünste beobachten, so hätte man alle mögliche Mittel anzuwenden, um die Luft an dem Beobachtungsorte feucht zu machen,

indem man Wasser daselbst verbreitete, feuchte Tücher aufhinge, und vornämlich die Temperatur erhöhte; man dürfte aber diese Dünste nicht in das Prisma hineinbringen, denn durch Niederschlagen an seinen Flächen würden sie das Sehen stören.

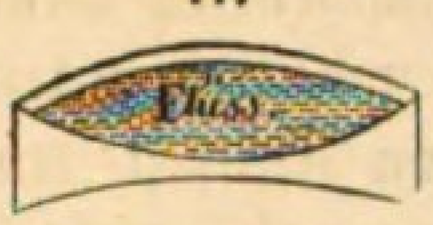
Eine andere Vorrichtung zur Messung der Größe der Brechung von Flüssigkeiten ist von Euler *) vorgeschlagen. Man nimmt zwei Menisken **) von Glas (Fig. I.) ADCE und AFCB, legt sie auf einander und füllt den Zwischenraum zwischen beiden mit der zu untersuchenden Flüssigkeit. Sowie man verschiedene Flüssigkeiten in diesen Raum bringt, ändert sich die Brennweite des Linsenglases, und aus dieser Aenderung der Brennweite läßt sich die Größe des Brechungsvermögens der verschiedenen Flüssigkeiten bestimmen, weil die Brennweite selbst durch die Brechung bedingt wird.

I.



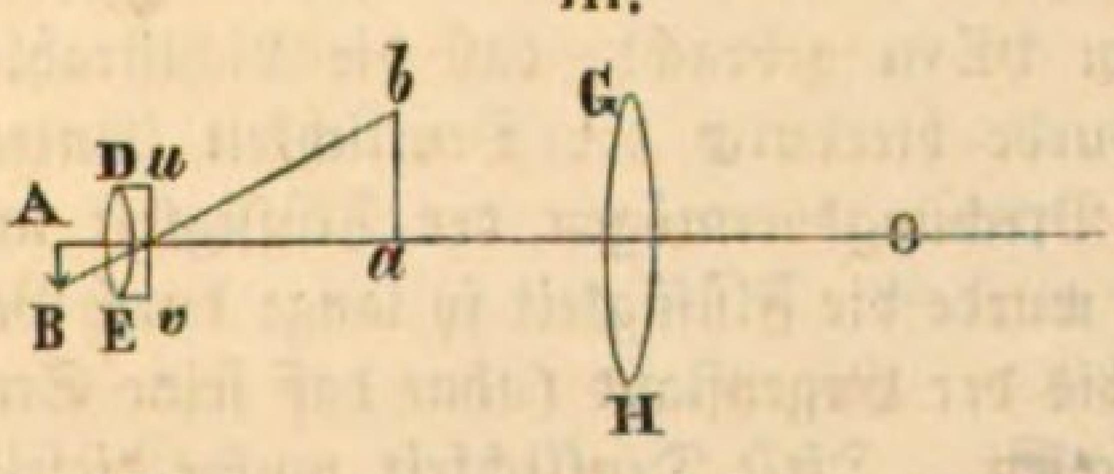
Euler bediente sich zweier, in einem Fernrohr anzubringender, Glas-Menisken, wovon der erste, dem Objecte zugekehrt, eine concav-concave Linse, der andere eine nach dem Objecte zu concave, nach dem Bilde zu convexe Linse war, wie Fig. II. erläutert. Er tauchte die beiden Linsen in die filtrirte Flüssigkeit, drückte sie, nachdem sie sich damit gefüllt, fest zusammen, worauf sie, auch nach dem Herausnehmen, fest an einander hafteten, befestigte sie sodann vorn in einem Fernrohre, dessen Ocular die Brennweite von 1,56″ hatte, richtete es nach einem fernen Gegenstande und berechnete aus der Länge, um welche er das Objectiv bis zum deutlichen Sehen verschieben oder die Röhre ausziehen mußte, die Brennweite desselben und daher das Brechungsverhältniß der in ihm eingeschlossenen Flüssigkeit. Durch gehörige Wahl der Radien läßt sich die veränderliche Länge sehr beträchtlich erhalten und daher das Verhältniß bis auf die vierte Decimalstelle verbürgen.

II.



Brewster ***) fand, daß viele undurchsichtige Körper, in sehr dünnen Schichten angewandt, durchsichtig werden, und indem er sehr dünne planconcave Linsen aus solchen Körpern herstellte, untersuchte er das Brechungsvermögen derselben. Das Verfahren Brewsters beschreibt Brandes ****), wie folgt: Wenn man sich ein gewöhnliches, aus zwei convexen Gläsern zusammengesetztes Mikroskop denkt, worin DE Fig. III. die dem Objecte zugekehrte Linse ist, so wird bekanntlich von dem Objecte AB ein Bild ab hervorgebracht, welches man durch das Augenglas GH betrachtet. Die Stelle dieses Bildes ab wird nicht geändert, wenn man ein Planglas uv mit parallelen Flächen hinter dem Objectivglase senkrecht gegen die Axe Aa des Mikroskops einsetzt; aber sobald man den Raum DEvu mit einer Flüssigkeit von anderer Brechungskraft, als die der Luft ist, füllt, muß sich die

III.



*) Mém. de Berlin 1756 p. 235; 1762 p. 279.
**) S. d. Art. Linsenglas.
***) Treatise on new philos. Instruments p. 247 etc.
****) Brandes in Gehl. phys. Lex. Bd. I. S. 1142.

Stelle des Bildes ändern. Sobald aber dieses geschieht, wird das durch GH den Gegenstand AB betrachtende Auge diesen nicht mehr deutlich sehen, sondern man wird dem Gegenstande eine mehr vom Objectivglas entfernte Stelle geben müssen, damit er wieder deutlich erscheine, oder damit das Bild wieder in ab, wie vorhin, gebildet werde. Wenn man also die Entfernung genau abmißt, die man dem Gegenstande A von der Vorderseite der Linse DE geben muß, damit er deutlich gesehen werde, so erhält man auf ähnliche Weise das Brechungsverhältniß, wie vorhin bei dem von Euler vorgeschlagenen Versuche. Bei Brewsters Versuchen wurde der Raum DEvu mit einer minder durchsichtigen Materie z. B. Pech, gefüllt, und vermittelst einer Schraube wurde das Planglas so angedrückt, daß der kleine planconcave Raum zwischen dem Planglase und der Linse dünn genug wurde, um jene Materien als durchsichtig darzustellen. Auch sie machten dann eine eben solche Aenderung in der Stellung des Gegenstandes nöthig, wenn das Bild durch GH deutlich erscheinen sollte, und es läßt sich also die Brechung, welche der Lichtstrahl in jener Materie litt, bestimmen.

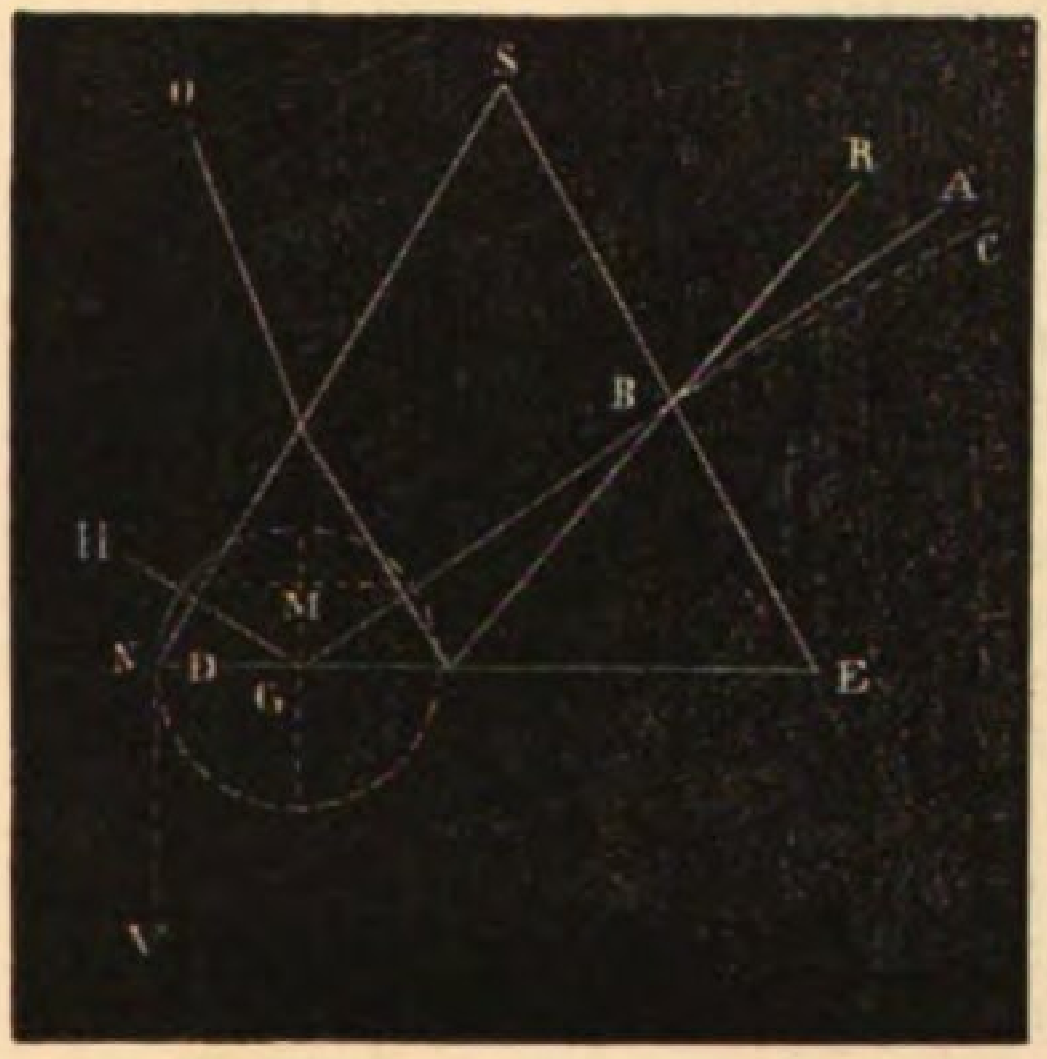
Brewster hat noch eine andere sehr erfolgreiche Entdeckung gemacht. Nach dem Vorigen muß man aus den zu untersuchenden festen Körpern Prismen bilden; dies ist aber immer mühsam und nicht selten ganz unausführbar, namentlich wenn derselbe nur in kleinen Stücken vorhanden ist. Er brachte deswegen den zu untersuchenden Körper in eine Flüssigkeit, der er durch Mischung von Flüssigkeiten, deren Brechungsvermögen bekannt ist, dasselbe Brechungsvermögen gab, welches der feste Körper hatte. Sobald die Flüssigkeit gleiches Brechungsvermögen mit dem festen Körper hat, erscheint der letztere, wenn er vorher wegen Unebenheiten seiner Oberfläche auch gänzlich undurchsichtig schien, völlig durchsichtig. So brachte Brewster ein unregelmäßiges Stück Crownglas, welches wegen seiner rauhen Oberfläche völlig undurchsichtig war, in canadischen Balsam, und dadurch wurde das Glas so durchsichtig, daß er dadurch lesen konnte. Aus dem Brechungsvermögen der Flüssigkeit läßt sich hiernach das des in ihr befindlichen festen Körpers bestimmen. Zu genauerer Untersuchung bediente sich Brewster des oben angegebenen Mikroskops. Der Raum DEvu (Fig. III. S. 881.) wurde mit derjenigen Flüssigkeit angefüllt, von der er vermuthete, daß sie gleiches Brechungsvermögen mit dem zu untersuchenden Körper besitze. Darauf suchte er die Entfernung des Körpers vom Objectivglase, in welcher derselbe deutlich erschien. Nun wurde ein Stück des festen Körpers so in den Raum DEvu gebracht, daß die Lichtstrahlen durch ihn hindurch gehen mußten. Wurde hierdurch der Deutlichkeit Eintrag gethan (welches der Fall war, wenn das Brechungsvermögen der Flüssigkeit und des Körpers in ihr nicht dasselbe war), so wurde die Flüssigkeit so lange durch Beimischung anderer Flüssigkeiten geändert, bis der Gegenstand (ohne daß seine Stellung verändert worden) völlig deutlich erschien. Diese Deutlichkeit mußte dieselbe bleiben, es mochte nun der zu untersuchende Körper in die Flüssigkeit getaucht sein oder nicht. Aus der bekannten Entfernung des Objectivglases vom Gegenstande konnte die Brechung des flüssigen Körpers sowohl als des festen berechnet werden.

Brandes macht aufmerksam auf die Vortheile, welche dieses Verfahren, Körper, die wegen ihrer rauhen Oberfläche undurchsichtig sind, durchsichtig zu machen, Optikern und Juwelieren gewährt.

Der Optiker, der die Brechung für ein Glas, dessen er sich zu Fernröhren bedienen will, zu wissen verlangt, hat nun nicht erst nöthig, Prismen daraus zu

schleifen, um die Brechung kennen zu lernen, sondern braucht sich nur für alle vorkommende Fälle ein Mikroskop auf die angegebene Weise einzurichten. Der Juwelier kann der Unsicherheit, ob ein von außen gut aussehender Edelstein nicht vielleicht inwendig rissig ist, ganz ausweichen; denn er braucht ihn nur in Sassafras-Oel oder ein ähnliches zu tauchen, so erkennt er in dem alsdann fast ganz durchsichtig gewordenen Steine alle Risse. Eben das Mittel dient auch, künstliche Pasten von wahren Edelsteinen zu unterscheiden, da sie nicht gleiches Brechungsvermögen besitzen. Eine Mischung von Cassia-Oel und Baum-Oel ist zu diesen Versuchen für eine sehr große Menge von Körpern brauchbar, wenn man für jeden das richtige Verhältniß der Mischung wählt.

Es ist oben S. 874 angegeben worden, wie man durch Zeichnung, sobald der Brechungsexponent eines Körpers bekannt ist, den Gang des gebrochenen Strahles angeben kann. Es sei NSE der Durchschnitt der Einfallsebene durch ein gläsernes Prisma. BC sei das Einfallsloth und AB der einfallende Strahl, welcher wenig vom Einfallslothe abweicht. Er wird dann auch im Glase nur wenig gebrochen nach der Linie BG. Um nun den Gang des ausfallenden Strahles zu finden, mache man die nöthige Zeichnung. ML ist der Sinus des Winkels, den der Strahl im Glase mit dem Einfallslothe MG macht; wir nehmen seine Länge $1^1/_2$ mal (vergl. S. 876), tragen diese Länge auf DG, errichten in N einen Perpendikel und durch den Punkt, in dem dieser den Kreis schneidet, geht der Strahl bei seinem Austritt aus dem Glase. Einen solchen Punkt aber giebt es gar nicht, weil NV den Kreis gar nicht schneidet. Der Grund ist, weil NG größer als DG, größer als der Radius des Kreises ist. In diesem Falle geht der Strahl gar nicht in die Luft über. Dies als allgemeines Gesetz ausgesprochen heißt: Ein Lichtstrahl geht aus einem stärker brechenden Körper in einen weniger brechenden Körper nur dann wirklich über, wenn der Einfallswinkel eine gewisse Größe nicht übersteigt; dagegen wird der Strahl zurückgeworfen, wenn der Sinus des Brechungswinkels größer als der Radius werden müßte. Kehren wir zu der Figur zurück, so wird ein Auge in H den Gegenstand bei A mit dem vollen Lichte, das nur der schönste Spiegel gewähren kann, erblicken. Legt man z. B. das Prisma mit der Basis NE auf ein beschriebenes Blatt Papier, und bringt das Auge nach O, so sieht man die Buchstaben auf dem Papiere, zugleich aber schwache Spiegelbilder von Gegenständen in der Gegend von A; rückt das Auge weiter herab, so kommt es endlich in einen Punkt, wo die Buchstaben nicht mehr gesehen werden, dagegen im hellsten Lichte die Spiegelbilder der Gegenstände bei A.



Da es bei dieser Zurückwerfung auf das Brechungsvermögen des unter NE befindlichen Körpers ankommt, indem sie früher oder später eintreten wird, je nachdem der Körper unter NE geringeres oder größeres Brechungsvermögen besitzt, so haben dieselbe Wollaston*) und Malus als ein Mittel benutzt, das Brechungs-

*) Gilb. Ann. Bd. XXXI. S. 225. 235.

vermögen undurchsichtiger Körper darnach zu bestimmen. Die Bestimmung der Brechung durch Zurückwerfung hat **Wollaston** noch benutzt, um die Verfälschung mancher Flüssigkeiten zu entdecken, indem die Zurückwerfung bei verfälschten Flüssigkeiten früher oder später eintritt, als bei den unvermischten.

In folgender **Tabelle** sind die **Brechungsexponenten** zusammengestellt von den Körpern, die bis jetzt untersucht sind, wobei der Brechungsexponent des leeren Raumes = 1,000 angenommen ist.

1) Feste und tropfbar flüssige Körper.

Name des Körpers	Brechungsexponent	Name des Körpers	Brechungsexponent
Aether	1,358 W. *)	Asand	1,590 Mx.
	1,374 Y.	Assa fötida	1,575 Y.
〃 zum dreifachen Volumen ausgedehnt . .	1,057	Auge des Menschen:	
		Hornhaut	1,386
Alaun	1,457 W.	Wasserfeuchtigkeit . . .	1,3366
	1,458 N.	ganze Linse	1,3839
	1,488 Y.	äußere Lage der Linse .	1,3767
Alaunlösung, gesättigt . .	1,356 H.	mittlere Lage	1,3786
Alaunerde, salpetersaure . .	1,410 W.	Kern	1,3999
〃 in Weingeist . .	1,422 W.	Glasfeuchtigkeit . . .	1,3394
Albumen	1,360 W.	Auge eines Lammes:	
Aloe	1,634	Hornhaut	1,386
Ambra	1,547 W.	äußere Lage der Linse .	1,386
〃 spec. Gew. = 1,04 .	1,556 N.	mittlere Lage	1,428
Ambraöl	1,505 W.	Kern	1,436
Amethyst	1,562 W.	Glasfeuchtigkeit . . .	1,345
Ammoniak, kaust.	1,349	Auge des Kabeljau:	
〃 wasserfrei, durch		ganze Linse	1,5492 Mr.
Kälte condensirt .	1,752	äußere Lage	1,410
〃 salzsaures . .	1,625	mittlere Lage	1,439
〃 mit schwefelsaurer		Kern	1,5929 Mr.
Magnesia . . .	1,483	Glasfeuchtigkeit . . .	1,3531 〃
Ammoniakgummi	1,592	Auge eines Ochsen:	
〃	1,578 Y.	ganze Linse	1,4747 〃
Anatas	2,500	äußere Lage	1,4293 〃
Angelicaöl	1,491	Kern	1,5425 〃
Anisöl	1,601	Glasfeuchtigkeit . . .	1,3571 〃
〃	1,536 Y.	Wasserfeuchtigkeit . . .	1,3358 〃
Anhydrit, extraordinär . .	1,6219	Axinit	1,735
〃 ordinär Str. . .	1,5772	Balsam: Copaiva	1,507 Mx.
Apfelsäure	1,395	〃	1,528
Apophyllit	1,5431 H.	〃	1,514 Y.
Aragonit, ord.	1,6931 M.		1,516 〃
〃 extraord. Str. . .	1,5348 M.	〃 in Alkohol . .	1,440 W.
Arsenik	1,811 W.		1,397 Mx.

*) Es bedeuten B. **Biot**, Brl. **Barlow**, Bsc. **Boscowich**, C. **Cavallo**, E. **Euler**, F. **Faraday**, H. **Herschel**, Hy. **Hauy**, M. **Malus**, Mr. **Monro**, Mx. **Marx**, N. **Newton**, R. **Rochon**, Rud. **Rudberg**, W. **Wollaston**, Y. **Young**. Die Zahlen, bei denen keiner dieser Buchstaben steht, sind von **Brewster**.

Name des Körpers	Brechungs-exponent	Name des Körpers	Brechungs-exponent
Balsam Canada	1,532 Y. 1,549 1,528 W.	Buchelöl	1,500
" Gilead	1,529 Y.	Butter, kalte	1,480 W.
" peruvianisch	1,597	Buxöl	1,356 Y.
" Styrax	1,585	Cajeputöl	1,478 Y. 1,483
" Tolu	1,628	Calcedon	1,553
" " in Alk.	1,400 W.	Calomel	1,970
Baryt: kohlensauer	1,540	Cassiaöl	1,641 1,64 H. 1,603 Mx.
" salzsauer	1,646	Cautschouc	1,524 W. 1,534 1,557 Y.
" schwefelsauer	1,6468 M.	Chamillenöl	1,457 1,476 Y. 1,455 Mx.
" " extraordinär	1,6352 "	Chrysoberyll	1,760
" " ordinär	1,6201	Chrysolith	1,660
" in der Richtung der Axe für die gelbgrünen Strahlen	1,646 H. 1,649 "	Citronenöl	1,527
" für die rothen Strahlen	1,646 "	Citronensäure	1,527
Benzoe	1,586 W.	Cöllner Wasser	1,382 Mx.
bis	1,596 "	Colophonium	1,543 W.
Bergamotöl	1,473 Y. 1,471	Comptonit	1,553
Bergkrystall	1,562 N.	Copal	1,535 1,549 1,553 Y.
"	1,568 C. 1,575 "	Cryolit	1,344
Bernstein	1,47 1,552	Cuminöl	1,512
Beryll	1,598	Cyan	1,316
Bibergeil	1,626 1,620 Y.	Diamant	2,439 N.
Bittermandelöl	1,603	Diamant	2,487 R.
Blei, borsauer	1,866 H.	" braun	2,470
" chromsauer	2,926	Dichroit	1,544
" " mar. *)	2,974	Dillsamenöl	1,477 1,487
" " min. **)	2,508	Drachenblut	1,520 (?) 1,562
" essigsauer	1,400 W.	Eis	1,310 W. 1,307 1,3085
" kieselsauer	2,123 H.	Eisenoxyd	2,100 Y.
" kohlensauer mar.	2,084	Eisen, salpetersaures	1,375 W.
" " min.	1,813	" salzsaures	1,385 "
" salpetersauer	1,758	" schwefelsaures	1,494
" schwefelsauer	1,925	"	1,515 N.
Bleisalpeter	2,322 H.	Eiweiß vom Hühnerei	1,361
Blut vom Menschen	1,354 Y.	"	1,359 Y.
Boracit	1,701	Eigelb, frisches	1,428
Borax	1,467 N. 1,475	" trocknes	1,500 Y.
" geschmolzen	1,532		
Boraxglas (1 Th. Borax 2 Th. Kiesel)	1,522		
Brunnenwasser	1,3366 E.		

*) Der am stärksten gebrochene Strahl.
**) Der am schwächsten gebrochene Strahl.

Name des Körpers	Brechungs-exponent
Eiter	1,395
Elemiharz	1,547
〃	1,535 W. 1,550 Y.
Epidot, mar.	1,703
〃 min.	1,661
Essigsäure	1,396
Essig, gemeiner	1,347
〃 destillirt	1,372 E.
Euklas, extr.	1,663
〃 ord.	1,6429
Feldspath	1,764 1,536
Fenchelöl	1,506
Fenugreköl	1,487
Fischbein	1,345
Flohkrautöl	1,498
Flüssigkeit in Krystallen	
〃 ausdehnbarere	1,1311
〃 minder ausdehnbare	1,2946
1. Flüssigkeit im Topas	1,1311
2. 〃 〃 〃	1,2946
Flüssigkeit im Amethyst	1,2106
Flußspath	1,436 1,433 W.
Frauenmünzöl	1,481 1,496
Gewürznelkenöl	1,596
Glas, gemeines	1,530
〃 v. St. Gobain	1,543 W.
Glas, zu Bouteillen	1,582
〃 zu Tafeln	1,527
〃 grünes	1,615
〃 hyacinthrothes	1,647
〃 blaßrothes	1,570
〃 dunkelrothes	1,729
〃 rothes mit Gold	1,715
〃 purpurrothes	1,608
〃 rubinrothes	1,601
〃 rosenrothes	1,570
〃 oranges	1,695
〃 lichtblaues	1,570
〃 zimmtbraunes	1,530
〃 opalartiges	1,635
Glas (Flint-)	
1 Th. Blei 4 Th. Kiesel	1,664
1 〃 〃 2 〃 〃	1,724
1 〃 〃 1 〃 〃	1,787
3 〃 〃 4 〃 〃	1,732
2 〃 〃 1 〃 〃	1,830
3 〃 〃 1 〃 〃	1,028
1 〃 〃 4 〃 〃	1,664

Name des Körpers	Brechungs-exponent
Glas (Flint-) Frauenhofers	
〃 〃 Nr. 30	1,6374
〃 〃 Nr. 23	1,6405
〃 〃 Nr. 13	1,6420
〃 〃 (borsaur. Bleioxyd)	2,0652 H.
〃 〃 kieselhalt. borsaur. Bleioxyd	1,8735 H.
Glas (Crown-) englisches	1,500 W.
〃 〃 französisches	1,504 〃
〃 〃 Fraunhofers	
〃 〃 Nr. 13	1,5314
〃 〃 Nr. 9	1,5331
Gold, in Königswasser gelöst	1,364 W.
〃 in Weingeist	1,390 〃
Granat	1,815
Guajac	1,600 Y. 1,619 1,550 Y. 1,596 W.
Gummi Ammoniak	1,592 1,578 Y.
Gummi arabischer	1,476 N. 1,512 1,513 Y. 1,514 W.
〃 Tragant	1,520 1,66 W.
Gummilack	1,52 1,528 Y.
Hausenblase	1,345
Holzöl	1,506
Honig	1,495 Y.
Horn	1,565
Jalappaharz	1,608
Jodlösung in Weingeist	1,384 Mx.
Kalilösung	1,390
Kali, arsenikfaures	1,535 W.
〃 chromsaur. fest mar.	1,665
〃 〃 min.	1,319
〃 kohlensaures	1,482
〃 schwefelsaures	1,509 1,508 W.
〃 weinsteinsaures mit Soda	1,515
〃 für d. rothen Strahl	1,4929 H.
〃 〃 〃 grünen 〃	1,4985 〃
Kalkspath, ord.	1,6543 M.
〃 extr.	1,4833 〃

Name des Körpers	Brechungs-exponent	Name des Körpers	Brechungs-exponent
Kalk, salpetersaurer . .	1,410 1,427	Muscatblüthenöl . . .	1,512 Y. 1,526 =
		Muscatnußöl	1,497 W.
= salzsaurer . . .	1,425 1,440	Myrrhe	1,524 1,517 Y.
= schwefelsaurer . . .	1,525 W.	Nadelstein von Faröe . . .	1,5153
= unterschwefelsaurer rothe Strahlen	1,561 H.	Naphta	1,475 Y.
= gelblichgrüne . . .	1,566 H.	Natron, salpeters. ord. . .	1,481 Mx.
= wolframs. max. . .	2,120	Natron, salpeters. extr. . .	1,251 =
= = min. . .	1,970		
Kalkwasser	1,334	Nußöl	1,490 H. 1,507
Kanellstein	1,750		
Kampfer	1,487 W. 1,496 Y. 1,500 C.	Obsidian	1,488
		Oktaedrit	1,500
		Olibanum=Gummi	1,544
spec. Gew. = 0,996	1,500 N.	Olivenöl	1,469 W. 1,470
Kochsalzlösung, gesättigte . .	1,375 C.		
Kümmelöl	1,508		
Kupfer, schwefels. max. . .	1,552	Opium	1,559 Y.
= = min. . .	1,531	Orangeschalensaft	1,403
Labrador, Hornblende. . .	1,80 H.	Palmöl	1,475 Y.
		Pech, gemeines	1,530
Lavendelöl	1,475 1,467 W.	= Burgunder . . .	1,546 1,560
Leinöl	1,485 W.		
= spec. Gew. = 0,932	1,482 N.	Perlen	1,653
= = = = =	1,487 Y.	Pfeffermünzöl	1,473 Y.
Leucit	1,527	Phosphor	2,224
Limoniöl	1,476 W.	=	2,125 Y. 2,260
= in Weingeist . . .	1,430 W.		
Magnesia, salzsaure . . .	1,416 W.		
= schwefelsaure . . .	1,488	= in Schwefelkohlenstoff gelöset. .	1,708 Mx.
= = . . .	1,465		
Majoranöl	1,491	Phosphorglas	1,532
Mandelöl	1,469 W.	Phosphorige Säure . . .	1,437 Y.
Mandelstein	1,515	Phosphorsäure, flüssige .	1,426 1,460 Mx.
Manna	1,533 Y.		
Mastix	1,560 1,535 W. 1,539 Y.	= geschmolzene .	1,532
		= feste . .	1,544
Markól, kalt	1,525	Phosphorwasserstoff, flüssig .	1,423 Y.
= geschmolzen . . .	1,481	= fest .	1,441 W. 1,442 =
Meionit	1,606		
Mellit	1,556 1,538	Pimentöl	1,503
		Platin in Königswasser gelöst.	1,370 W.
Mesotyp, max.	1,522	Pyrop	1,792
= min.	1,516	Quarz, extr.	1,558 M.
		= ord.	1,548 =
Mohnöl	1,463	Quecksilber (wahrscheinlich) .	5,829 H.

Name des Körpers	Brechungs-exponent
Quecksilberchlorid	1,970
Rautenöl	1,433
	1,449
Realgar, künstlicher . . .	2,549
Ricinusöl	1,490
Rochellersalz.	1,515
„ (mittl. Grün) .	1,4985 H.
„ („ Roth) . .	1,4929 „
Rodiumholzöl	1,500
Rosenholzöl	1,505
Rosmarinöl, max.. . .	1,469
„ min.. . .	1,472 Y.
Rubellit	1,768 H.
	1,779
Rubin	1,779
Rüböl	1,475
Rum	1,360 Y.
Salmiaklösung, concentrirte .	1,393 Mx.
Salpeter max.	1,514
„ min.	1,535
Salpetersäure, spec. Gew. 1,48	1,410
„ „ „ „	1,391 Mx.
Salpetrige Säure	1,396
Salzsäure, concentr. . . .	1,401
„ „	1,4098
„ spec. Gew. 1,134 .	1,392 H.
Sandarak	1,538
Saphir, weiß	1,768 W.
„ blau	1,794
Sassafrasöl	1,532
„	1,536 W.
„	1,522 Y.
	1,544 E.
„ in Weingeist . .	1,405 W.
Schellak	1,525
Schildpatt	1,598
Schwefel, natürlicher . . .	2,040 W.
„ gegossen	2,148
„ geschmolzen . . .	2,1
„ in Schwefelwasserstoff gelöst . .	1,693 Mx.
„	2,008 Y.
Schwefelbalsam	1,497
	1,532 Mx.
Schwefelchlorid	1,67 H.
Schwefelkali	1,375 W.
Schwefelkohlenstoff	1,68 H.
„ bei — 0°,56	1,643 Brl.
„ „ 13°,89	1,634 „
„ „ 28°,89	1,625 „
Schwefelkalk.	1,375
Schwefelsäure, sp. Gew. 1,840	1,440 Mx.
„ „ „	1,435 W.
„ „ „	1,428 N.
Schwefelwasserstoff, tropfbarer	1,767 F.
Sebenbaumöl	1,482
Seife von Windsor . . .	1,487 Y.
„ neapolitanische . . .	1,479 „
Seifengeist	1,4088 E.
Selenit	1,525 W.
„ max.	1,536
„ spec. Gew. = 2,252	1,488 N.
Selterwasser.	1,3353 E.
Soda, salpetersaure . . .	1,481 Mx.
„ unterschwefels. max. .	1,785 H.
„ „ min. .	1,735 „
„ geschmolzene . . .	1,411 Y.
Silber, salpetersaur. max. .	1,788
„ „ min. .	1,729
Smaragd	1,585
Spargelstein	1,657 Y.
Spermacet	1,478 Y.
Spermacetöl.	1,473 Y.
Speichel	1,339 Y.
Spießglanz, salzs.	1,420 W.
„ in Weingeist. .	1,410 W.
Spießglanzglas	1,889 N.
Spinell	1,812 W.
	1,756 H.
	1,761
Stärkemehl	1,504 Y.
Steinöl	1,544 Y.
Steinsalz, grüne Strahlen .	1,4985 H.
„ rothe „ . .	1,4929 H.
Stilbit	1,508
Storax	1,584
Strontian, kohlens. max.. .	1,700
Strontian, kohlens. min.. .	1,543
„ unterschwefelsauer max. .	1,651 H.
„ „ min. .	1,608 H.
„ „ . .	1,644
Styraxbalsam	1,584
Tabaköl	1,547
Tabasheer, gelblich. . . .	1,1111
„ von Nagpore . .	1,1454
„ „ „ . .	1,1503
„ weiß.	1,1825

Name des Körpers	Brechungsexponent	Name des Körpers	Brechungsexponent
Talg, kalt	1,491 W.	Wachsöl	1,452 C.
= geschmolzen	1,460 W.	Wasser	1,336 W.
Terpentin	1,545	= gesalzen	1,343
Terpentinöl, gemeines	1,476 W. 1,486 H.	Weihrauch	1,554
= destillirt	1,470	=	1,546 Y.
Theriak	1,500	Wein, Porter	1,351 =
Thymianöl	1,477	Weingeist	1,372 W.
=	1,486 Y.	Weingeist, sp. Gew. 0,866	1,370 N.
Topas, farbelos	1,6102	= gewässert	1,374
= von Brasilien, extr.	1,6401	= rectificirt	1,372 H.
= = ord.	1,6325	Weinöl	1,379 Y.
= blauer	1,636	Weinsteinsäure, max.	1,518
= rother	1,652	= min.	1,578
= gelber	1,638 Y.	Wismuth, salpeters. max.	1,89 H.
Thran	1,483	= = min.	1,67 =
Tungstein max.	2,129	= =	1,446 Mx.
= min.	1,970	Wurmholzöl	1,453
Turmalin	1,668	Ysopöl	1,485
Vogelleim	1,553 Y. 1,506	Zimmetöl	1,604 Y.
Wacholderöl	1,473	Zink, salzsaures	1,425
=	1,482 Y. 1,491 =	= schwefelsaures	1,517
Wachs bei 17°,5	1,512 M.	Zinkblende	2,260
= geschmolzen	1,540 =	Zirkon, max.	2,015
= siedend	1,442 =	= min.	1,961
= weißes	1,462	Zucker, geschmolzen	1,545
= gelbes	1,542	= nach öfterm Schmelz.	1,555
		= weißer	1,535 W. 1,541 Y.
		Zwergbaumöl	1,483

2) Gase bei 0° C. Temperatur und 0,m76 Luftdruck.

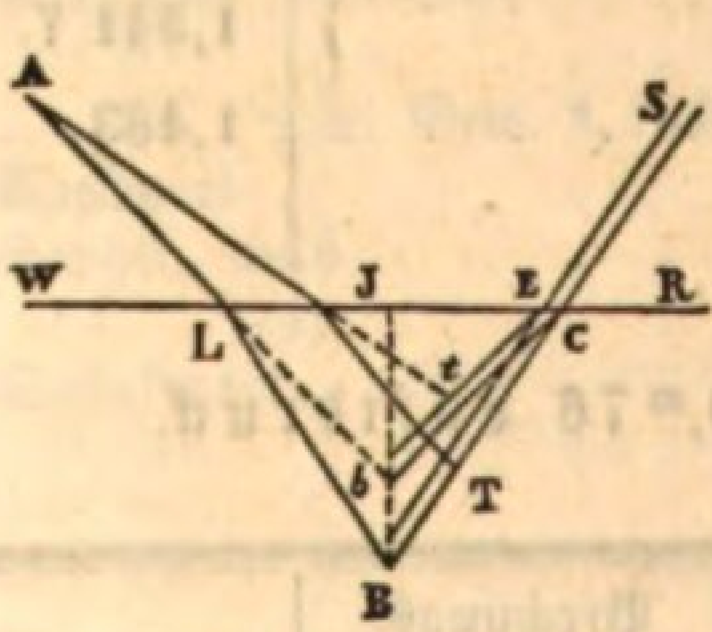
Name des Gases	Brechungsexponent n		Brechungsvermögen n^2-1	Dichte
Atmosphärische Luft	1,000294	1,000 *)	0,000589	1,000 B.
Ammoniakgas	1,000385	1,309	0,000771	0,591 *)
Chlorgas	1,000772	2,623	0,001545	2,47
Cyangas	1,000834	2,832	0,001668	1,818
Cyanwasserstoffgas	1,000451	1,531	0,000903	0,944
Kohlenwasserstoffgas im Min	1,000443	1,504	0,000886	0,559
Kohlenoxydgas	1,000340	1,157	0,000681	0,972

*) Atmosphär. Luft = 1 gesetzt.
**) Die übrigen Messungen sind von Dulong angestellt.

Name des Gases	Brechungsexponent n		Brechungsvermögen $n^2 - 1$	Dichte
Kohlensäuregas.	1,000449	1,526	0,000899	1,524
Oelbildendes Gas	1,000678	2,302	0,001356	0,980
Phosphorwasserstoffgas in Min.	1,000789	2,682	0,001579	1,256
Phosgengas	1,001159	3,936	0,002318	3,442
Sauerstoffgas	1,000272	0,924	0,000544	1,1026
Salzätherdunst	1,001095	3,72	0,002191	2,234
Salzsäuregas	1,000449	1,527	0,000899	1,254
Schwefelätherdunst . . .	1,00153	5,197	0,003061	2,580
Schwefelwasserstoffgas . . .	1,000644	2,187	0,001288	1,178
Schwefeligsaures Gas . . .	1,000665	2,260	0,001331	2,247
Schwefelkohlenstoffdunst . .	1,00150	5,110	0,00301	2,644
Stickgas.	1,000300	1,020	0,000601	0,976
Stickstoffoxydgas	1,000303	1,03	0,000606	1,039
Stickstoffoxydulgas. . . .	1,000503	1,710	0,001007	1,527
Wasserstoffgas	1,000138	0,470	0,000277	0,0685

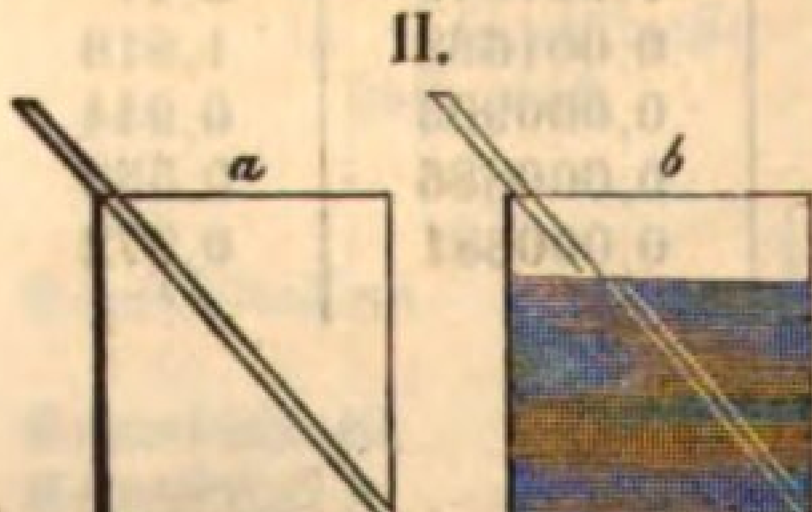
Auf den Gesetzen der Brechung beruht die ganze Dioptrik, daher auch alle Erscheinungen bei dioptrischen Instrumenten (Brillen, Fernröhren, Mikroskopen 2c.) aus ihr zu erklären sind. Eine Menge von Erscheinungen, zum Theil von höchst wunderbarer Art, welche in der Natur vorkommen, haben ihren Grund in der Brechung des Lichtes. Wir wollen hier nur auf einige aufmerksam machen, welche leicht zu beobachten sind, und denen keine besondern Artikel gewidmet sind.

I.



Wenn man einen Stab in schiefer Lage ins Wasser taucht, so erscheint derselbe an der Stelle, wo er durch die Oberfläche des Wassers geht, gebrochen; der Grund ist leicht einzusehen. WR (Fig. I.) sei die Oberfläche des Wassers, SB der eingetauchte Stab, welcher bei E von der Oberfläche des Wassers umgeben ist. In A befinde sich das Auge des Beobachters. Dann geht ein Strahl von B aus durch das Wasser nach L, dort wird er gebrochen und gelangt in der Richtung LA nach dem Auge bei A. Das Auge sieht also den Punkt B in der Richtung Ab bei b. Ebenso geht von jedem anderen Punkte T des ins Wasser gesenkten Theiles des Stabes ein Strahl auf einem Wege TJA nach A, und dieser Punkt T wird dann in der Richtung At bei t gesehen. So erscheint dem Auge bei A der eingetauchte Theil des Stabes nicht in EB, sondern in Eb, also der ganze Stab scheint bei E gebrochen. Die Brechung, welche das Licht beim Austritt aus dem Wasser in die Luft erleidet, ist auch der Grund, daß ein Stäbchen, welches in ein Glas voll Wasser getaucht wird, in zwei Theile zerlegt erscheint, wenn man das Auge in gleiche Höhe mit der Oberfläche des Wassers bringt, wie Fig. II. veranschaulicht. Fig. II.ª zeigt, wie das Stäbchen erscheint, so lange noch kein Wasser im Glase ist, Fig. II.ᵇ, wie es erscheint, nachdem Wasser in das Glas gegossen worden.

II.



Wenn man aus einer gegen die Oberfläche des Wassers geneigten Richtung nach dem Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes sieht, so scheint er höher zu liegen, als wirklich der Fall ist, und wenn man in ein Gefäß nach und nach mehr Wasser gießt, so scheint sich der Boden des Gefäßes zu heben. Die Erklärung liegt schon in dem, was S. 872 gesagt worden, wie nämlich dort der einzelne auf dem Boden bezeichnete Punkt durch Eingießen von Wasser in das Gefäß sich zeigte, also hob, so hebt sich dann jeder Punkt des Bodens des Gefäßes, d. h. eben der ganze Boden.

Steckt man senkrecht auf ein dünnes Stäbchen eine Nadel, und taucht sodann diesen Apparat senkrecht unter Wasser, zieht ihn vorsichtig wieder empor, so daß ein kleiner Wasserberg an der Nadel haftend über die Oberfläche des Wassers sich erhebt, so erscheint das in das Wasser getauchte Stäbchen dem Auge, welches am Stäbchen herunter sieht, aus einander getheilt, wie nebenstehende Figur vorstellt, wo WR der Wasserspiegel ist, SB das eingetauchte Stäbchen, in dem in O die Nadel steckt und den Wellenberg LOL′ gehoben hat; der Stab erscheint bei O in die beiden Theile OB′ und OB″ aus einander gebrochen. Dadurch, daß sich der Wellenberg bei O gehoben hat, steht das Stäbchen nicht mehr senkrecht auf der es zunächst umgebenden Wasserfläche; das doppelte der oben erwähnten Erscheinung, wo ein Stab in schiefer Lage ins Wasser getaucht wurde, tritt ein. Das doppelte aber darum, weil sich hier zwei verschiedene Wasserflächen OL und OL′ schneiden, dort aber nur eine war, gegen welche der Stab geneigt war. Der Weg des von B (und entsprechend jedes andern von einem Punkte in OB ausgehenden Strahles) ist in Bezug auf die Fläche OL, BLS, so daß also B von S aus in B′ erscheint, und in Bezug auf die Fläche OL′, BL′S, so daß also B in B″ erscheint. Man kann diese Theilung noch vervielfältigen, wenn man statt Einer Nadel zwei oder mehrere senkrecht auf das Stäbchen steckt, und zwar in Einer Ebene, so daß sie Winkel unter einander bilden, und sich zu gleicher Zeit über die Wasserfläche beim senkrechten Hervorziehen des Stäbchens erheben. Dieser Versuch kann abgeändert werden in der Art, wie er von Klügel angestellt worden, so nämlich, daß man auf ein Bretchen zwei Nadeln in einiger Entfernung von einander senkrecht einsteckt; sobald man nun das Bretchen senkrecht so in das Wasser hält, daß die eine Nadel senkrecht unter der andern im Wasser steht, die andere den erwähnten Wasserberg bildet, so erscheint dem über die obere Nadel herunterblickenden Auge die zweite Nadel doppelt, nämlich zu beiden Seiten der oberen Nadel *).



Auch eine Verdoppelung der Bilder kann eintreten nach den Gesetzen einfacher Strahlenbrechung; dies geschieht, wenn das brechende Mittel in schneller Bewegung ist, indem dann der Einfallswinkel sich schnell verändert und daher der gesehene Gegenstand schnell hinter einander in verschiedenen Richtungen geschehen wird. Daher das Flimmern der Bilder, welche durch ungleich erwärmte Luftschichten gesehen werden, z. B. an den Rändern der Dächer von der Sonne beschienener Häuser. Hierher gehört auch die von Wollaston gemachte Bemerkung, daß, wenn man in Gefäße mit dünnen, ebenen und parallelen Seidenwänden verschieden bre-

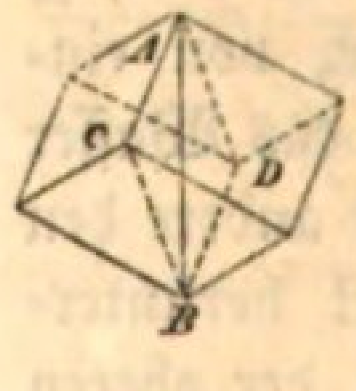
*) Hällström in Gilb. Ann. Bd. III. S. 235.

chende Flüssigkeiten vorsichtig über einander gießt, (z. B. wenn man in ein mit Wasser gefülltes Gefäß mittelst einer bis auf den Boden reichenden Röhre Schwefelsäure gießt, die sich langsam mit dem Wasser mischt und daher Schichten bildet, welche von unten nach oben allmälig an Dichte abnehmen), ein leuchtender Punkt durch die Länge des Gefäßes betrachtet doppelt erscheint. —

Doppelte Brechung, doppelte Strahlenbrechung (lat. refractio gemina; franz. u. engl. double refraction) ist die merkwürdige Erscheinung, daß bei allen Krystallen, deren Krystallform kein Würfel, kein reguläres Octaëder und kein Rhomboidaldodekaëder ist, ein hindurchgehender Lichtstrahl in zwei Strahlen getheilt wird, weshalb jeder Gegenstand durch einen solchen Krystall betrachtet doppelt gesehen wird. Von den zwei Strahlen, in welche der Eine einfallende Strahl getheilt wird, befolgt der eine die gewöhnlichen Gesetze der einfachen Brechung (s. d. vorherg. Art.) und heißt deswegen der gewöhnlich gebrochene (ordinäre) Strahl; der andere Strahl aber befolgt jene Gesetze nicht und heißt deswegen der ungewöhnlich gebrochene (extraordinäre) Strahl. Beim Austritt aus dem Krystalle gehen die beiden Strahlen (der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene) in paralleler Richtung neben einander fort.

Diese Erscheinung wurde zuerst im 17. Jahrhundert von Bartholin *) in Kopenhagen an einem Krystall von kohlensaurem Kalk, der vorzüglich in Island vorkommt und deswegen isländischer Krystall genannt wird, bemerkt. Wegen der Eigenschaft, die Strahlen doppelt zu brechen und wegen seines blättrigen Gefüges heißt dieser Krystall seitdem isländischer Doppelspath, Kalkspath. Der erste, welchem es gelang, die Gesetze, nach denen die doppelte Strahlenbrechung erfolgt, aufzufinden, war Huyghens **).

Zunächst wollen wir die Erscheinung doppelter Strahlenbrechung, wie sie beim Kalkspath auftritt, näher betrachten. Die Kernform des Kalkspathes ist ein Rhomboëder. Jede Seitenfläche des Krystalles ist eine gleichseitige Raute (Rhombus), deren größerer Winkel 101° 55′ und deren kleinerer also 78° 5′ groß ist. Die Seitenflächen sind unter einander geneigt unter den Winkeln 105° 5′ und 74° 55′. Von den 8 Ecken des Körpers bestehen 2 aus drei stumpfen Winkeln, 6 aus einem stumpfen und 2 spitzen Winkeln. Nebenstehende Figur stellt einen solchen Krystall vor, und sind A und B die stumpfen Ecken desselben, so heißt die durch diese Ecken gelegte Fläche, welche auf einer Fläche des Krystalls senkrecht steht und die zu den stumpfen Ecken gehörigen stumpfen Winkel dieser Fläche halbirt, nämlich ADBC, der Hauptschnitt des Krystalles, und deren Diagonale AB, welche von einer stumpfen Ecke bis zur andern reicht, heißt die Axe der doppelten Brechung oder optische Axe. Diese Axe macht mit allen drei Kanten jeder der stumpfen Ecken des Krystalles gleiche Winkel. Gegen alle Seitenflächen hat diese Axe gleiche Neigung, indem sie gegen alle unter einem Winkel von 45° 23′ 25″ geneigt ist ***). Wenn ein Krystall nicht, wie in dem



---

*) E. Bartholini experimenta Crystalli Islandici Disdiaclastici, quibus mira refractio detegitur. Havniae 1669 u. Phil. Trans. No. 67.

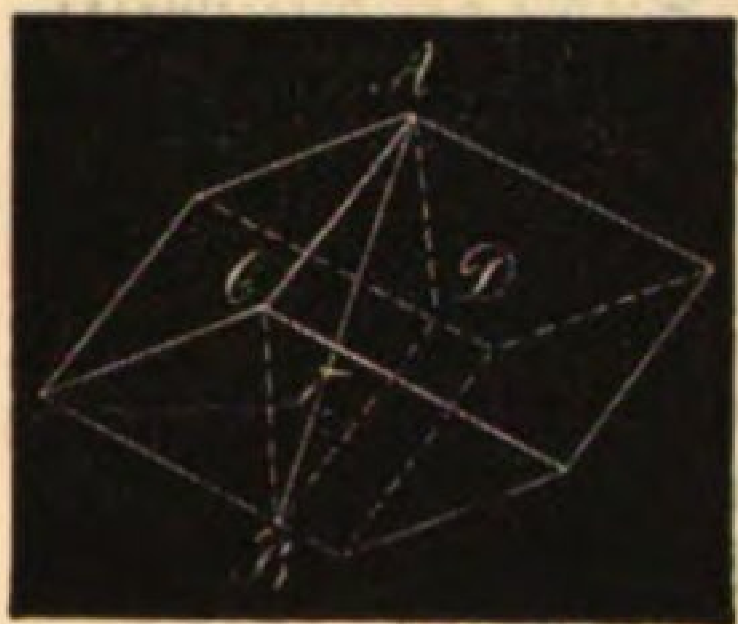
**) Hugenii traité de la lumière. Leyd. 1690.

***) Um sich dieses, sowie das Folgende, wo von Schnitten des Krystalles die Rede sein wird, ganz verständlich zu machen, thut man am besten, sich die Form des Krystalles aus einer Kartoffel, aus Thon oder dergleichen zu schneiden, und an dieser Form alsdann die

vorigen angenommen worden, gleiche Seiten hat, so muß man doch unter der Axe des Krystalles die eben erwähnten des gleichseitigen Rhomboëders verstehen. Der Hauptschnitt und die Axe bekommen sodann im Krystall eine Lage, wie Fig. I. vorstellt.

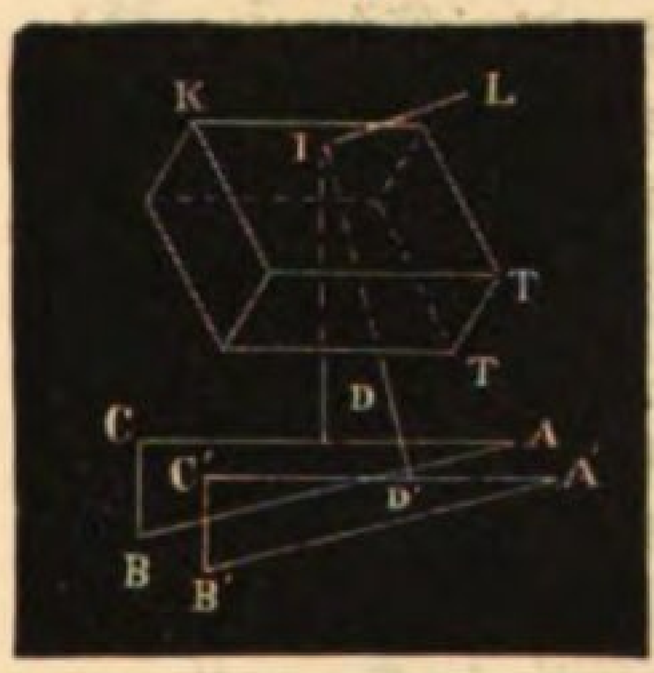
Da das krystallinische Gefüge sich bis auf die kleinsten Theile eines krystallisirten Körpers erstreckt; so muß man jeden größeren Krystall als aus einer unzähligen Menge kleiner, ebenso wie er geformter Körper zusammengesetzt sich vorstellen. Jeder Kalkspathkrystall wird daher als aus einer unzählbaren Menge kleiner Rhomboëder zusammengesetzt vorzustellen sein. In diesen kleinen Krystallen sind dann die Hauptschnitte und Axen ebenso geordnet, wie in dem großen, und ihre Axen werden alle parallel der Axe des großen sein, sowie ihre Hauptschnitte parallel dem Hauptschnitte des großen.

I.



Wenn man diesen Krystall auf einen schwarzen Punkt oder auf einen Buchstaben legt, so erscheint derselbe doppelt. Man kann auch einen Lichtstrahl von einem leuchtenden Punkte hindurch gehen lassen, nach seinem Durchgange erscheint derselbe doppelt. Um nun aber genauer zu bestimmen, welches die Größe der Brechung für diese Strahlen sei, hat Malus ein einfaches Mittel angegeben. Man zeichne nämlich auf eine Elfenbeinplatte mit einer recht starken Schwärze ein rechtwinkliges Dreieck ABC, (Fig. II.), dessen eine Kathete sehr klein im Verhältniß zu der anderen sei, etwa nur $^1/_{10}$ so groß. Betrachtet man nun dieses rechtwinklige Dreieck durch den Kalkspath KT, so erscheint es doppelt, wie die Zeichnung darstellt, sowohl in ABC, als auch in A'B'C'. Hier schneidet C'A' die Linie AB in D'; nimmt man nun AD = A'D', so findet man den Punkt D in CA, und dieser entspricht dem Punkte D' in C'A'. Der Punkt D' gehört sowohl dem einen (ABC), als dem anderen Bilde (A'B'C') an; also vereinigen sich der gewöhnlich gebrochene Strahl von D' und der ungewöhnlich gebrochene Strahl von D mit einander bei dem Austritte aus dem Krystalle zu Einem Strahle IL; und umgekehrt müßte ein Strahl LI, der vom Auge aus nach dem Krystalle ginge, in zwei Strahlen ID und ID' zerlegt werden; bestimmt man nun den Einfallspunkt I und die Neigung des Strahles gegen ADBC, so kann man daraus die Brechungsgesetze finden. Die wichtigsten Erscheinungen, welche am Kalkspath beobachtet werden, sind folgende:

II.



1) Wenn ein Lichtstrahl auf den Krystall in senkrechter Richtung fällt, so geht ein Theil desselben in derselben Richtung fort, der andere Theil aber, der ungewöhnlich gebrochene, wird um einen Winkel von 6° 12′ 38″ abgelenkt, so jedoch, daß er mit dem ungebrochenen Strahle in einer Ebene liegt, welche parallel dem Hauptschnitte ist.

---

angegebenen Schnitte zu vollziehen. Die Form erhält man sehr leicht, wenn man erst eine der stumpfen Ecken schneidet, und dann die übrigen Seitenflächen parallel mit den schon gegebenen macht.

2) Schneidet man den Krystall so, daß er zwei Oberflächen erhält, welche senkrecht auf der Axe stehen, und läßt den Lichtstrahl in senkrechter Richtung auf eine dieser Flächen fallen, also parallel mit der Axe, so geht derselbe einfach und ungebrochen durch den Krystall hindurch; legt man den Krystall mit einer der auf die Axe senkrecht geschnittenen Flächen auf einen Punkt, und bringt das Auge in senkrechte Stellung über den Krystall, so sieht man den Punkt nur einfach. Fällt hingegen der Strahl geneigt gegen die erwähnte Fläche des Krystalles, so wird er doppelt gebrochen, und zwar liegt der gewöhnlich gebrochene Strahl der Axe näher, als der ungewöhnlich gebrochene. Beide Strahlen, der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene, liegen aber in Einer Ebene mit dem einfallenden Strahle und dem Einfallslothe *).

3) Giebt man dem Krystalle zwei Oberflächen, von denen die eine senkrecht gegen die Axe steht, die andere aber eine beliebige Neigung gegen dieselbe hat, und läßt sodann einen Lichtstrahl auf die gegen die Axe senkrechte Fläche einfallen, so geht derselbe ungebrochen und ungetheilt durch den Krystall hindurch; auf der andern schief gegen die Axe geneigten Fläche wird er bei seinem Austritte nach den Gesetzen der einfachen Brechung gebrochen. Fällt ein Strahl auf die gegen die Axe geneigte Fläche in solcher Richtung auf, daß er nach der Brechung an dieser Fläche mit der Axe des Krystalls parallel wird, so geht er durch den Krystall ohne getheilt zu werden hindurch, und tritt ohne nochmals gebrochen zu werden aus demselben heraus.

4) Schneidet man einen Krystall so, daß er zwei Oberflächen erhält, welche mit der Axe parallel sind, und fällt ein Lichtstrahl so auf eine dieser Flächen ein, daß die Einfallsebene senkrecht auf der Axe steht, so fallen der gewöhnlich gebrochene und der ungewöhnlich gebrochene Strahl in dieselbe Einfallsebene (natürlich dieselbe durch den Krystall hindurch verlängert gedacht). Zwischen den Sinussen **) der Einfallswinkel und den Sinussen der Brechungswinkel sowohl des gewöhnlich gebrochenen, als des ungewöhnlich gebrochenen Strahles findet, wie groß auch der Einfallswinkel sein mag, ein bestimmtes Verhältniß statt. Dieses Verhältniß ist, in Bezug auf den gewöhnlich gebrochenen Strahl = 1 : 0,604; in Bezug auf den ungewöhnlich gebrochenen Strahl = 1 : 0,674. Der gewöhnlich gebrochene Strahl weicht vom Einfallslothe mehr ab, als der ungewöhnlich gebrochene Strahl. — Fällt bei dem parallel mit der Axe zugeschnittenen Krystall ein Lichtstrahl so ein, daß die Einfallsebene durch die Axe geht, so daß die Axe ganz in sie zu liegen kommt, oder daß die Axe parallel mit der Einfallsebene geht, so ist der Brechungswinkel des gewöhnlich gebrochenen Strahls größer als der des ungewöhnlich gebrochenen, indem hier, wie in allen Fällen, der ungewöhnlich gebrochene Strahl von der Axe des Krystalles gleichsam abgestoßen erscheint, wodurch er in gegenwärtigem Falle dem Einfallslothe näher gerückt wird, als der gewöhnlich gebrochene Strahl.

5) Wenn man einen Lichtstrahl auf die natürliche Oberfläche eines Kalkspathkrystalles auffallen läßt, so wird derselbe, wie schon unter 1) bemerkt worden, in zwei Strahlen zerlegt; bringt man nun unter diesen Krystall einen zweiten so,

---

*) Vergl. den Art. **Brechung**, einfache, S. 872 ff.

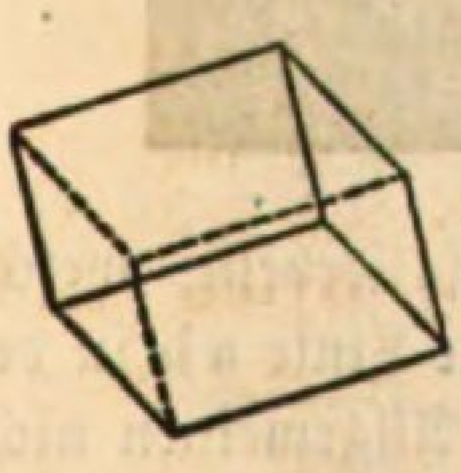
**) S. S. 874 und S. 886 Kalkspath; $\frac{1}{0,604} = 1,65$ und $\frac{1}{0,674} = 1,48$, welches die Brechungsexponenten.

daß die Axen beider Krystalle und die einander entsprechenden Seitenflächen mit einander parallel gehen; so geht sowohl der gewöhnlich gebrochene Strahl, als der ungewöhnlich gebrochene durch den zweiten Krystall, der erste nach den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung, der zweite nach den Gesetzen der ungewöhnlichen Brechung hindurch, ohne daß eine neue Spaltung der Strahlen erfolgt. Dreht man nun den zweiten Krystall so, daß die brechenden Flächen desselben parallel mit den brechenden Flächen des ersten Krystalles bleiben, so wird jeder der beiden Strahlen wieder in zwei zerlegt, welche anfangs von ungleicher, nach Vollendung des achten Theiles der Drehung aber von gleicher Lichtstärke sind. Bei fortgesetzter Drehung nehmen die zwei Strahlen wieder mehr und mehr ab, bis sie nach Vollendung von $1/4$ der Drehung verschwunden sind. Nun geht der, als gewöhnlich gebrochener Strahl aus dem ersten Krystall kommende, Strahl nach den Gesetzen ungewöhnlicher Brechung im zweiten Krystalle fort, und der als ungewöhnlich gebrochener Strahl aus dem ersten kommende nach den Gesetzen gewöhnlicher Brechung. Setzt man die Drehung noch weiter fort, so wiederholen sich die eben beschriebenen Erscheinungen von $1/4$ zu $1/4$ der Drehung.

Die Erscheinungen, welche hier in Bezug auf den Kalkspath beschrieben worden, kommen nun auch bei den andern Krystallen, welche doppelte Strahlenbrechung zeigen, im Allgemeinen auf ähnliche Weise vor.

Marx empfiehlt zu Versuchen über die Doppelbrechung in hohem Grade die, mit einer einzigen den unregelmäßig gebrochenen Strahl abstoßenden Axe begabten, Krystalle des salpetersauren Natrons, dessen Doppelbrechung noch stärker als die des Kalkspathes ist, indem das beständige Verhältniß des Einfallssinus zum Brechungssinus für den gewöhnlichen Strahl nach Marx Messungen = 1,481 und für den ungewöhnlichen Strahl = 1,251 ist, während es beim Kalkspath 1,6543 und 1,4833 ist.

In Nachtheil steht die Anwendung des salpetersauren Natrons gegen die des isländischen Spathes insofern, als es vom letztern leicht ist, sich große und durchsichtige Stücke zu verschaffen, denen ihre natürliche Härte und Unauflöslichkeit im Wasser eine gleichförmige, unveränderliche Dauer verleiht, während man sich von jenem meist mit kleinen Krystallen begnügen muß, deren Klarheit nicht immer vollkommen ist, deren Weiche ein genaues Zuschleifen verhindert und die in feuchter Luft leicht anlaufen und matt werden, wogegen sich jedoch klare Krystalle durch einen sehr dünnen Firniß- oder Fettüberzug schützen lassen. Dagegen gewähren sie den Vortheil, daß sie zu jeder Zeit aus einer wässerigen Auflösung und bei gehöriger Masse und Vorsicht oft in zollgroßen Stücken dargestellt, und wegen ihrer geringen Härte zu optischen Zwecken schnell und ohne Mühe zugerichtet werden können. Die gewöhnlich erscheinende Gestalt des salpetersauren Natrons ist die eines stumpfen Rhomboëders (s. beistehende Fig.).

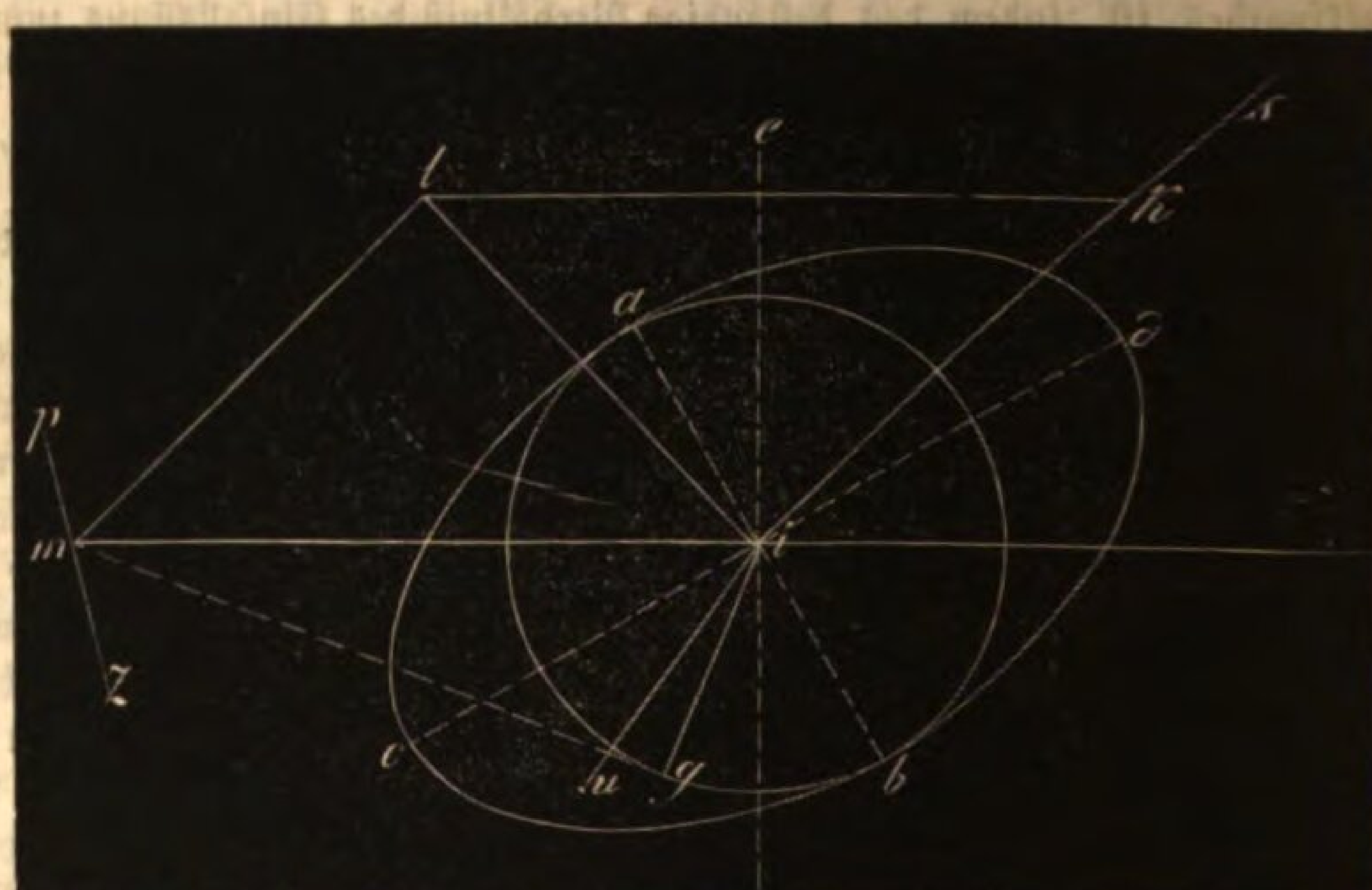


Doppelte Strahlenbrechung zeigen aber alle Krystalle, die nicht zu dem regulären (oder gleichaxigen oder Tesseral-) Systeme gehören. Man theilt diese doppelbrechenden Krystalle in einaxige und zweiaxige ein, da sich in jedem eine oder zwei Richtungen finden lassen, in welche sich alle ebenen Wellen (vgl. d. Art. Licht) mit derselben Geschwindigkeit fortpflanzen. Diese Richtungen heißen die optischen Axen des Krystalls, deren kein Krystall mehr als zwei zu haben scheint.

In den optisch **einaxigen** Krystallen fällt stets die optische Axe mit der krystallographischen Hauptaxe zusammen. Von den beiden Strahlen, in welche der einfallende Strahl zerlegt wird, ist der eine (der gewöhnliche Strahl) immer nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen gebrochen, während die Richtung des andern (des ungewöhnlichen Strahles) auch von der Lage der optischen Axe gegen die brechende Fläche des Krystalles abhängt. Im Allgemeinen fällt nämlich der ungewöhnliche Strahl gar nicht in die Einfallsebene, sondern nur ausnahmsweise dann, wenn auch die optische Axe in der Einfallsebene liegt, also immer, wenn man den Krystall senkrecht gegen die optische Axe schneidet.

Diejenigen Krystalle, bei denen der Brechungsexponent (s. S. 874) des gewöhnlichen Strahles **größer** als der des ungewöhnlichen ist, nennt man **negative** (oder **repulsive**) Krystalle, die aber, bei denen er **kleiner** ist, **positive** (oder **attractive**) Krystalle. Das Brechungsverhältniß des ungewöhnlichen Strahles erhält in den positiven und negativen Krystallen bezüglich seinen größten und kleinsten Werth dann, wenn der einfallende Strahl eine solche Lage hat, daß der ungewöhnlich gebrochene Strahl senkrecht gegen die optische Axe zu liegen kommt, und man versteht unter dem Brechungsverhältniß des ungewöhnlichen Strahles vorzugsweise diesen größten oder kleinsten Werth.

Schon von **Huyghens** *) ist eine Construction angegeben worden, um in jedem bestimmten Falle die Richtung des ungewöhnlichen gebrochenen Strahles in einaxigen Krystallen bestimmen zu können. Die Construction ist folgende. Sei si (s. nachfolg. Fig.) der in i auf den doppelbrechenden Krystall fallende



Strahl, ei das Einfallsloth, also eine Ebene durch eis die Einfallsebene, welche die Krystallfläche in der Linie im schneide. Man ziehe durch i die Linie ab in der Richtung der optischen Axe des Krystalles, so daß also ab im Allgemeinen nicht in der Ebene eis liegen wird. Die Länge von ki sei Einheit des Längenmaßes. Bezeichnet man durch n und n' die Brechungsexponenten des gewöhnlichen und un-

*) Traité de la lumière. Chap. V.

gewöhnlichen gebrochenen Strahles, so wird für negative Krystalle $n' < n$, also $\frac{1}{n'} > \frac{1}{n}$ sein. Man denke sich nun eine Kugel um i beschrieben, deren Halbmesser $ia = \frac{1}{n}$ genommen ist. Ferner ziehe man $cd \perp ab$, mache $ic = id = \frac{1}{n'}$, denke sich ab und cd als Axen einer Ellipse adbc und drehe diese Ellipse um die feste Axe ab herum, so beschreibt sie ein sogenanntes Rotationsellipsoid, welches in unserm Falle (d. h. bei negativen Krystallen) die Kugel umhüllt, da $ic > ia$ ist. (Für positive Krystalle hingegen würde $ic < ia$ werden, da dann $\frac{1}{n'} < \frac{1}{n}$ ist, und das Rotationsellipsoid würde innerhalb der Kugel liegen und diese nur in den Punkten a und b berühren.) Man ziehe nunmehr in der Einfallsebene die Linie $li \perp si$, alsdann $kl \parallel im$ und $lm \parallel si$. Durch den hierdurch bestimmten Punkt m ziehe man in der brechenden Fläche des Krystalls eine auf mi senkrechte Linie pz. Legt man endlich durch pz zwei Ebenen, von denen die eine die Kugel (in g), die andere das Rotationsellipsoid (in u) berührt, so sind die nach den Berührungspunkten g und u von i aus gezogenen Linien die Richtungen der beiden gebrochenen Strahlen und zwar ist ig der gewöhnliche, iu der ungewöhnliche Strahl.

Aus dieser Construction erhellet zugleich, daß der ungewöhnliche Strahl in die Ebene des gewöhnlichen Strahles und des Einfallslothes dann zu liegen kommt, wenn die Richtung ab der optischen Axe in die Einfallsebene eis fällt.

Die wichtigeren natürlichen durchsichtigen **Krystalle mit einer optischen Axe** sind folgende:

a) positive:

Amethyst (38° 13′) *)
Apophyllit (29° 30′)
Bergkrystall (38° 13′)
Schwerstein (33° 15′)
Zinnstein (46° 22′ und 56° 1′)
Zirkon (47° 53′)

b) negative:

Alaunspath (33° 13′)
Anatas (21° 48′)
Apatit (49° 41′ bis 49° 57′)
Beryll (60°)
Bitterspath (Braunspath) (46° 7′)
Dioptas (58° 35′)
einaxiger Glimmer
Kalkspath (Hauptrhomboëd) (44° 37′)
Korund (Saphir, Rubin) (32° 26′)
Kupferglimmer (17° 33′)
Mellit (Honigstein) (43° 27′)
Nephelin (61° 53′)
Pyromorphit (Phosphorbleispath) (49° 7′ bis 49° 42′)
Scapolith (58° 6′)
Smaragd (60°)
Talkspath (46° 50′)
Turmalin (60° 49′ bis 63° 5′)
Uranit
Vesuvian (Idokras) (52° 55′)
Zinkspath (Galmei) (47° 1′)

2) In den doppelt brechenden optisch **zweiaxigen** Krystallen werden aber die Erscheinungen noch verwickelter, denn es befolgt in ihnen im Allgemeinen **keiner** der gebrochenen Strahlen die gewöhnlichen Gesetze der Brechung, und es giebt also keinen gewöhnlich gebrochenen Strahl, obschon man die Bezeichnung „gewöhn-

*) Die beistehenden Gradangaben bezeichnen die Winkel der optischen Axe mit den Krystallflächen.

licher und ungewöhnlicher Strahl" auch hier beibehält. Ebenso findet keine einfache Beziehung zwischen der Lage der krystallographischen Axen und den beiden optischen Axen statt, wie bei den optisch einaxigen Krystallen; nur bei den zum rhombischen Systeme gehörigen Krystallen läßt sich überhaupt eine feste Beziehung angeben. Es giebt nämlich in diesen doppelt brechenden Krystallen drei auf einander senkrecht stehende Richtungen (Linien), in Bezug auf welche die optischen Erscheinungen symmetrisch sind, d. h. wenn zwei Strahlen auf entgegengesetzten Seiten einer solchen Linie, aber in gleicher Lage, gegen dieselbe einfallen, so haben auch die beiden Paare gebrochner Strahlen gegenseitig dieselbe Lage gegen diese Linie. Man nennt diese Linien Elasticitätsaxen, weil man in der Undulationstheorie (s. d. Art. Licht) annimmt, daß der Lichtäther in diesen drei Richtungen verschiedene, in jeder Richtung für sich aber gleiche Elasticität besitze. Die beiden optischen Axen*) liegen stets in einer Ebene, welche durch zwei Elasticitätsaxen gelegt ist, und die Linie, welche den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt und Mittellinie heißt, fällt mit einer Elastitätsaxe zusammen. Denkt man sich nun durch je zwei dieser drei Elasticitätsaxen Ebenen gelegt, und nennt diese Ebenen Hauptschnitte, so vereinfacht sich das Gesetz der doppelten Brechung für den Fall, daß die Einfallsebene eines eintretenden Strahles mit einem der Hauptschnitte zusammenfällt. Der eine gebrochne Strahl richtet sich nämlich dann ganz nach den gewöhnlichen Gesetzen der Brechung, während der andere Strahl bei dem einen Hauptschnitte mehr, bei dem andern weniger, bei dem dritten theils mehr, theils weniger gebrochen erscheint, als jener, aber doch mit ihm ebenfalls in der Ebene des Hauptschnittes liegt. Wenn man durch $\frac{1}{\mu}$, $\frac{1}{\nu}$, $\frac{1}{\pi}$ die constanten Brechungsverhältnisse bezeichnet, welche den drei Hauptschnitten angehören, und es ist $\frac{1}{\mu} > \frac{1}{\nu} > \frac{1}{\pi}$, so ist in den sogenannten positiven Krystallen der Strahl der gewöhnliche, welcher in dem zu $\frac{1}{\pi}$ gehörigen Hauptschnitte die gewöhnlichen Gesetze der Brechung befolgt, während der ungewöhnliche Strahl in dem zu $\frac{1}{\mu}$ gehörigen Hauptschnitte sich nach den gewöhnlichen Brechungsgesetzen richtet. In dem dritten zu $\frac{1}{\nu}$ gehörigen Hauptschnitte giebt es (wenn die brechende Ebene nicht auf einer der Elasticitätsaxen senkrecht steht) zwei bestimmte Einfallswinkel, für welche der gewöhnliche und ungewöhnliche Strahl in eine Richtung zusammenfallen. Diese beiden gemeinsamen Richtungen sind die (scheinbaren optischen Axen oder) sogenannten Axen der conischen Brechung (s. d. Art.), deren es zwei giebt (a a' und b b' Fig. c, s. nächstfolgende Anmerkung S. 899), welche in diesem dritten Hauptschnitte gegen die Elasticitätsaxen so liegen, daß letztere die Winkel zwischen den Axen der conischen Brechung halbiren. Mit den Elasticitätsaxen macht eine Axe conischer Brechung einen spitzen und einen stumpfen Winkel; der Strahl nun, welcher im spitzen Winkel die gewöhnlichen Brechungsgesetze befolgt,

---

*) Ueber die Lage und Construction der optischen Axen in zweiaxigen Krystallen sehe man nächstfolgende Anmerkung (S. 899) zu Ende und d. Art. Polarisation.

ist der gewöhnliche, der, welcher sie im stumpfen befolgt, der ungewöhnliche Strahl. Es hat sonach bei den positiven Krystallen der gewöhnliche Strahl das kleinste constante Brechungsverhältniß $\frac{1}{\pi}$ in dem einen, das größte $\frac{1}{\nu}$ in dem andern (dritten) Hauptschnitte, und für jede andere Lage des einfallenden Strahles liegt sein Brechungsverhältniß zwischen $\frac{1}{\pi}$ und $\frac{1}{\nu}$, während das Brechungsverhältniß für den ungewöhnlichen Strahl den kleinsten Werth $\frac{1}{\nu}$ und den größten $\frac{1}{\mu}$ nicht überschreitet. Bei den negativen Krystallen findet überall das Umgekehrte hiervon statt.

Wollte man, auf ähnliche Weise wie bei den einaxigen Krystallen (s. S. 897), für einen gegebenen einfallenden Strahl die Lage der beiden gebrochenen construiren, so müßte man an die Stelle der dort angewendeten Kugel- und Ellipsoidsfläche die sogenannte Wellenfläche*) setzen, so daß ihre Axen in die Richtung der Elasticitätsaxen fielen. Die auf die Huyghen'sche Weise gelegten Berührungsebenen an die zwei Zweige der Wellenfläche sind dann die Endpunkte der beiden gebrochenen Strahlen.

In den Krystallen des tetartoprismatischen, klinorhomboidischen oder triklinometrischen Systems (ein- und eingliedrige Krystalle) giebt es, wie es scheint, keine andere Symmetrie als den Parallelismus der Flächen. In den Krystallen aber, die dem hemiprismatischen, klinorhombischen oder klinometrischen Systeme (zwei- und eingliedrige Krystalle) angehören, existirt immer eine Symmetrie-Ebene, d. i. eine Ebene, in welcher man, wenn man einen völlig ausgebildeten Krystall in ihr durchschneidet, die eine Hälfte des Krystalles in der Schnittfläche um 180° herumdrehen kann, so daß der Krystall die vorige Gestalt genau wieder erhält. In diesen Krystallen scheint die eine Elasticitätsaxe bei jeder Temperatur und auch für alle Farbestrahlen auf jener Symmetrie-Ebene immer senkrecht zu stehen, während die beiden andern in der Symmetrie-Ebene nach der Farbe des Strahles und der Temperatur ihre Lage ändern, und folglich mit ihnen auch die optischen Axen.

Ueberhaupt haben die optischen Axen für verschiedenfarbige Strahlen bei fast allen zweiaxigen Krystallen nicht dieselbe Richtung, was besonders auffällig ist, z. B. beim Rochellersalz, in welchem dieselben für rothe Strahlen einen Winkel von 76°, für violette nur von 56° machen. Bei andern Krystallen, z. B. dem Salpeter, ist der Winkel der rothen Axen kleiner als der der blauen. Im rhombischen Krystallen-Systeme nun liegen die Axenpaare der verschiedenfarbigen Strah-

*) Anmerkg. Die Wellenfläche ist diejenige krumme Oberfläche, bis zu welcher das von einem Punkte im Krystalle nach allen Seiten sich verbreitende Licht gleichzeitig gelangt. Jeder Krystall hat seine besondere Wellenfläche, da sich das Licht in verschiedenen Mitteln mit verschiedener Geschwindigkeit bewegt. In den doppelt brechenden Krystallen ist nun diese Geschwindigkeit nicht nur nach verschiedenen Richtungen, sondern sogar in einer und derselben Richtung verschieden. Die Wellenfläche für diese Krystalle bekommt daher eine complicirte Gestalt; ihre allgemeine Gleichung (bezogen auf die Elasticitätsaxen) ist:

$$\frac{\mu^2 x^2}{r^2-\mu^2} + \frac{\nu^2 y^2}{r^2-\nu^2} + \frac{\pi^2 z^2}{r^2-\pi^2} = 0, \text{ wo } r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

oder $(r^2-\nu^2)(r^2-\pi^2)\mu^2x^2 + (r^2-\mu^2)(r^2-\pi^2)\nu^2y^2 + (r^2-\mu^2)(r^2-\nu^2)\pi^2z^2 = 0$

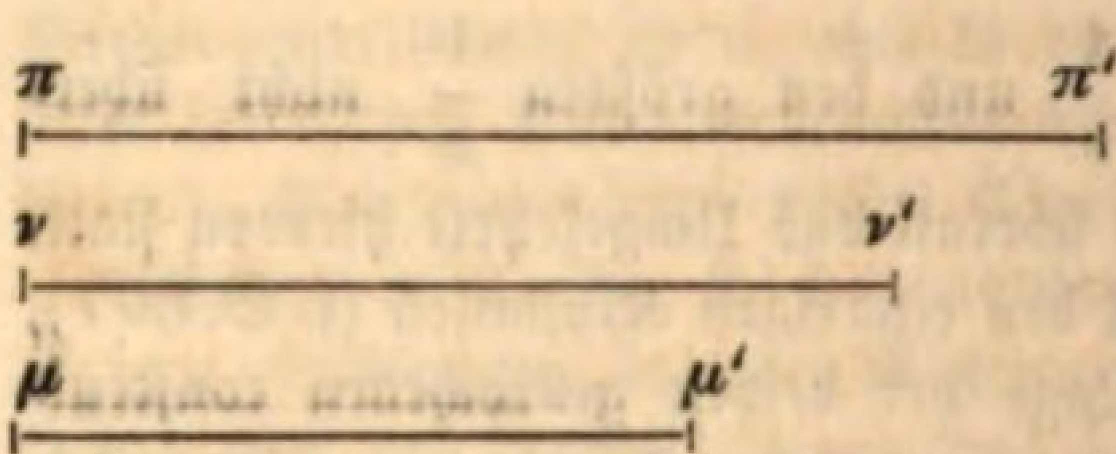
und es sind μ, ν, π so zu bestimmen, daß $\frac{1}{\mu}$, $\frac{1}{\nu}$, $\frac{1}{\pi}$ beziehlich die constanten Brechungsver-

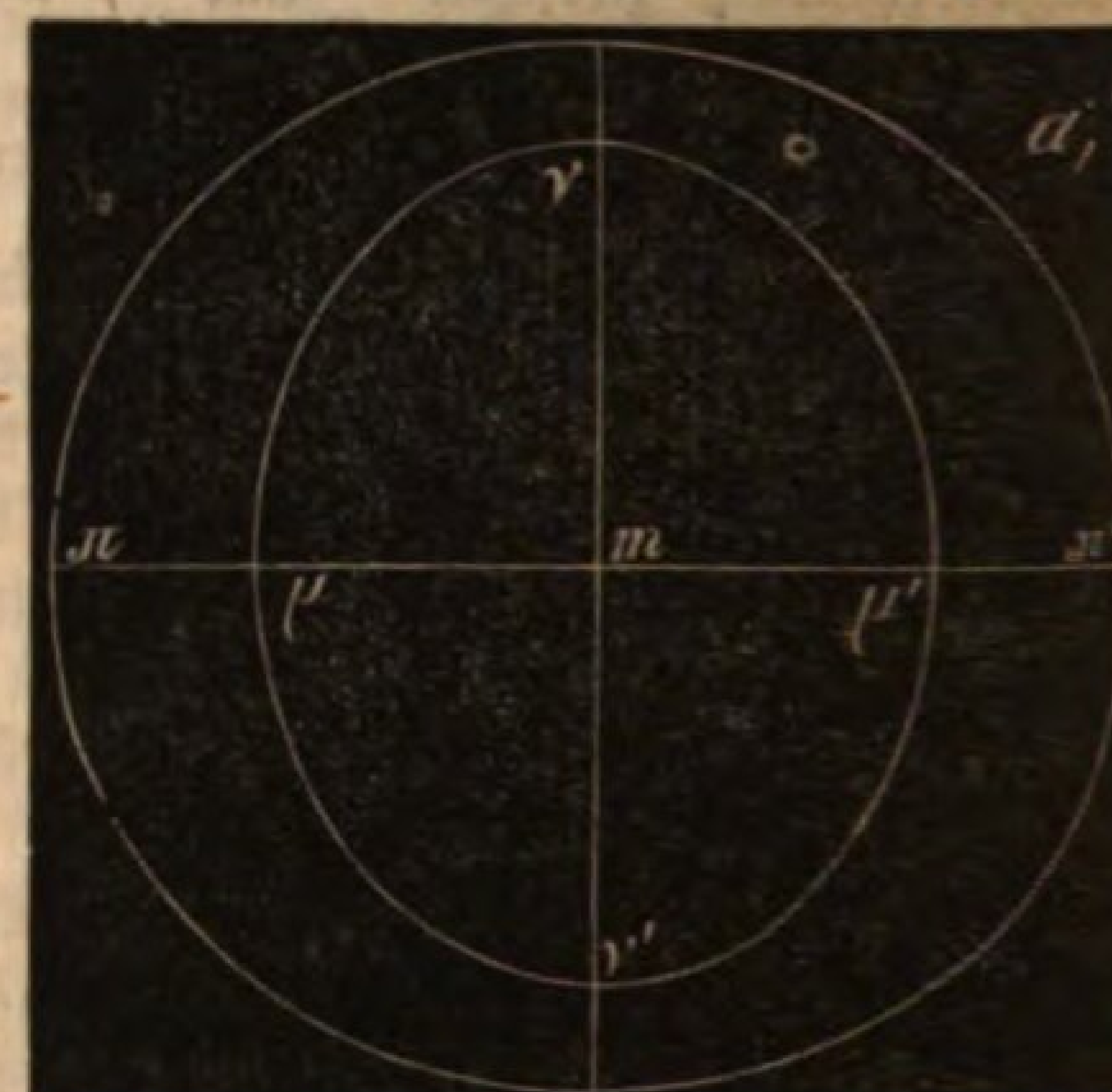
len immer in einer festen Ebene und zwar so, daß ihre Mittellinie eine bestimmte Lage hat; bei den Krystallen hingegen, welche einem der schiefwinkligen Systeme

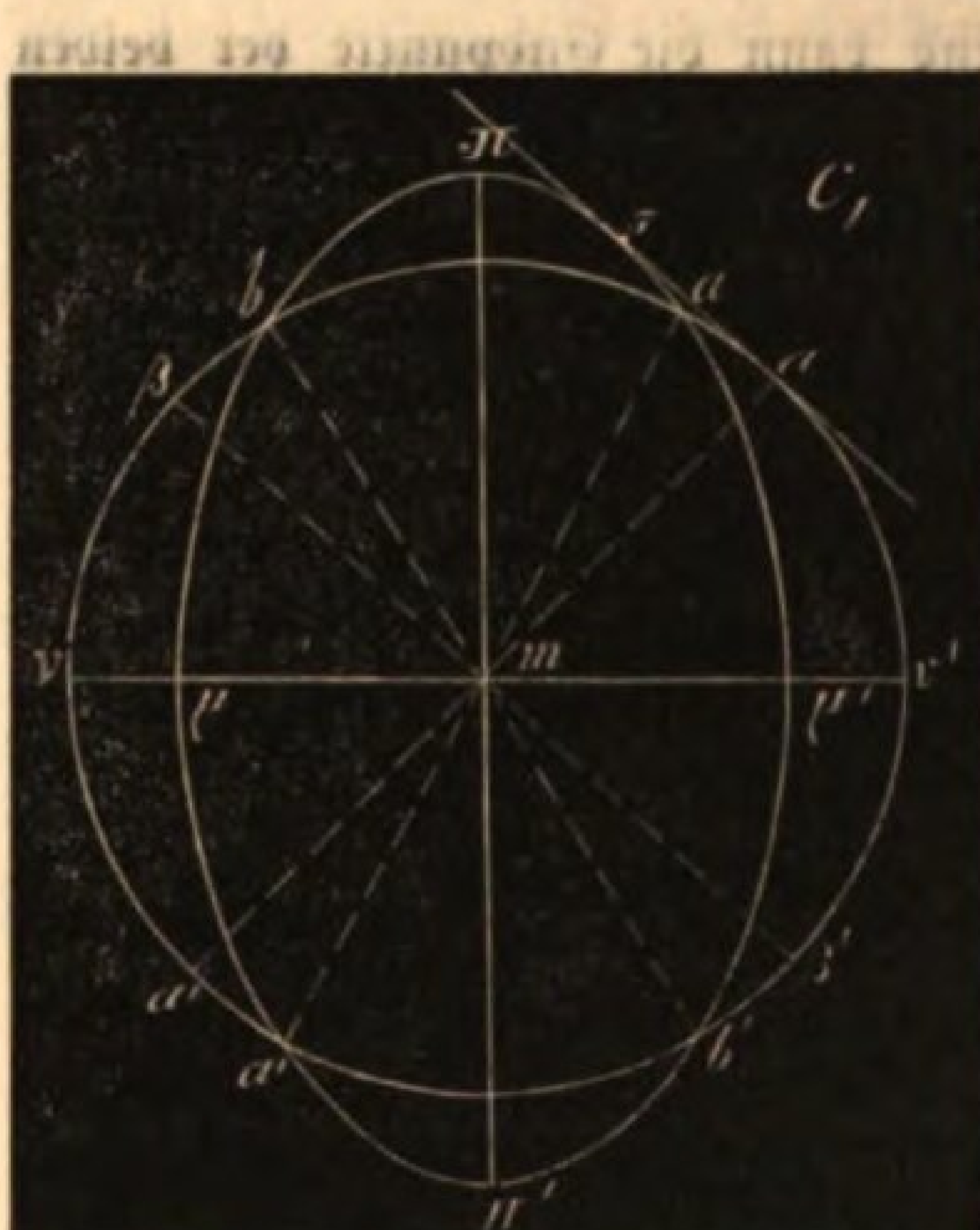
---

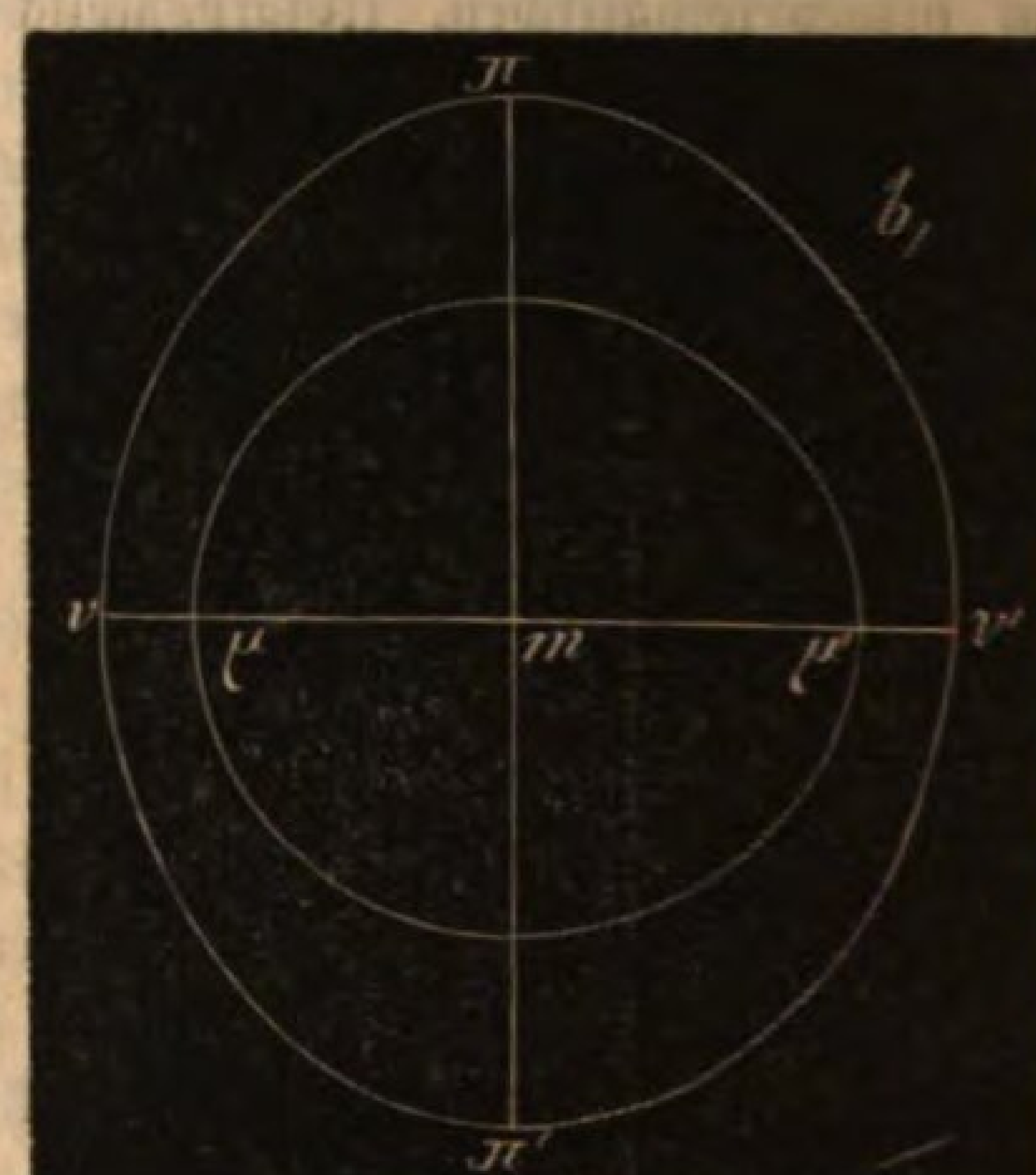
hältnisse für die drei durch die Elasticitätsaxen gelegten Hauptschnittsebenen sind, angenommen, daß $\pi > \nu > \mu$.

Die Durchschnittsfiguren der Wellenfläche mit den drei Hauptschnittsebenen sind in Fig. a, b, c dargestellt, und bestehen jedesmal aus einer Ellipse und einem Kreisbogen (wie









aus der Gleichung der Wellenfläche folgt, wenn man darin $z = o$, $x = o$, $y = o$ setzt), deren Durchmesser $\overline{\pi\pi'} = 2\pi$, $\overline{\mu\mu'} = 2\mu$, $\overline{\nu\nu'} = 2\nu$ sind.

Die früher (S. 896) angegebene Construction für einarige Krystalle (von Huyghens) ist nichts als ein specieller Fall dieser Construction bei zweiarigen Krystallen. Denn für einarige Krystalle hat man entweder $\nu = \pi$ oder $\nu = \mu$, wodurch die Gleichung der Wellenfläche übergeht in:

$$(r^2 - \pi^2)\left\{\mu^2 x^2 + \pi^2 (y^2 + z^2) - \pi^2\mu^2\right\} = o \text{ für positive Krystalle,}$$
$$(r^2 - \mu^2)\left\{\pi^2 x^2 + \mu^2 (y^2 + z^2) - \pi^2\mu^2\right\} = o \text{ für negative Krystalle,}$$

d. h. jedesmal eine Kugel verbunden mit einem Rotationsellipsoid darstellt.

Ebenso hat man bei einfach brechenden Mitteln $\mu = \nu = \pi$, wodurch $r^2 = \pi^2 = o$ wird, d. h. die Wellenfläche in eine Kugel übergeht.

In dem zu dem constanten Brechungsverhältnisse $\frac{1}{\nu}$ gehörigen Hauptschnitte (s. Fig. c)

angehören, behält bei einigen (Gyps, Diopsid ꝛc.) zwar die Ebene der optischen Axen ihre Lage, allein die Richtung der Mittellinie verändert sich in ihr, bei andern hinwiederum (Borax, Adular, Weinsäure ꝛc.) bilden zwar die Axen für alle Farben gleiche Winkel mit einer festen Mittellinie, allein die Ebenen der optischen Axen drehen sich um diese Linie; noch andere (ein- und eingliedrige) Krystalle endlich zeigen diese Eigenschaften vereinigt.

Was die Veränderung in der Lage der optischen Axen durch Temperatur betrifft (wie sie z. B. beim Gyps vorkommt, bei dem auch die Ebene der optischen Axen durch ihren Einfluß geändert wird), so erwähnen wir nur der interessanten Erscheinung beim Glauberit, welcher bei gewöhnlicher Temperatur für violettes Licht einaxig, für die andern Farben zweiaxig ist. Vermindert man die Temperatur, so vergrößert sich der Winkel der optischen Axen für alle Farben und die optische Axe des violetten Strahles theilt sich. Bei Erhöhung der Temperatur theilt sie sich ebenfalls, aber in einer auf der vorigen senkrechten Ebene. Die Axen der übrigen Farben bekommen, je mehr die Wärme zunimmt, immer spitzere Winkel, fallen nach und nach zusammen, trennen sich aber sofort wieder in der auf der vorigen senkrechten Ebene. Noch weit vor dem Siedpunkte des Wassers liegen die Axen sämmtlicher Farben in der neuen Ebene.

Folgende Tabelle enthält die wichtigeren Krystalle mit zwei optischen Axen, wobei 2n den spitzen Winkel zwischen ihnen bedeutet:

1) natürliche Krystalle.

a) positive:

Anhydrit 2n = 28° 7′ *)
= 44° 41′ (Biot)
Borax 2n = 38° 48′
Chrysoberyll (Cymophan) 2n = 27° 51′
Cyanit 2n = 81° 48′
Schwerspath 2n = 37° 42′
Stilbit (Strahlzeolith) 2n = 41° 42′
Strontspath (Cölestin) 2n = 50°
Topas, brasilianischer, 2n = 49° 50′
= 49° 1′ (Biot)
„ weißer, 2n für die verschiedenen Farbestrahlen nach Rudberg von 54° 54′ bis 56° 40′ zunehmend.

b) negative:

Adular 2n = 63°
Aragonit 2n = 18° 18′, nach Rudberg's Beobachtungen für die verschiedenen Farbestrahlen 2n = 19° 45′ bis 20° 25′
Bittersalz 2n = 37° 24′
Dichroit 2n = 60° 6′ und 62° 50′
Eisenvitriol 2n nahe = 90°
Epidot 2n = 84° 19′
= 87° 19′ (Marx)
Glauberit, für violett 2n = 0°
zweiaxiger Glimmer, 2n sehr verschieden
= 6° bis 25° (Brewster)
= 30° bis 37° (Biot)
russischer Gl. 2n = 40° 42′ } (Marx)
Lapidolith 2n = 45° } (Marx)
Gyps 2n = 60° bei gewöhnlicher Temperatur (Marx)
= 0° bei 58,8° R. (Mitscherlich)

---

liegen nicht nur die Axen der conischen Brechung aa′, bb′, sondern auch die optischen Axen αα′, ββ′, deren Lage man erhält, wenn man an Kreis und Ellipse gemeinschaftliche Tangenten (wie ατ) legt, und die einander diametral gegenüberstehenden Berührungspunkte α, α′, β, β′ des Kreises mit einander verbindet.

*) Die Angaben, bei denen kein Name steht, sind von Brewster.

kohlensaures Natron 2n = 70° 1′
Salpeter 2n = 5° 20′
Strontianit 2n = 6° 56′
Talk 2n = 7° 24′
Weißbleierz 2n = 5° 15′
Zinkvitriol 2n = 44° 28′

2) künstliche Krystalle.

a) positive:

Benzoësaur. Ammoniak 2n = 45° 8′ = 48° 8′ (Marx)
schwefelsaur. Ammoniak-Magnesia 2n = 51° 22′
(künstlicher) Borax 2n = 28° 42′
Citronensäure 2n = 70° 29′
blausaur. Kali 2n = 19° 24′ = 19° 34′ (Marx)
schwefelsaur. Kali 2n = 67°
schwefelsaur. Nickel 2n = 42° 4′
salpetersaur. Silber 2n = 62° 16′

b) negative:

kohlensaur. Ammoniak 2n = 43° 24′
Barythydrat 2n = 13° 18′
Bernsteinsäure 2n nahe = 90°
essigsaur. Blei 2n = 70° 25′
salzsaur. Kupfer 2n = 84° 30′
salzschwefelsf. Magnesia-Eisen 2n = 51° 16′
Rochellersalz 2n = 71° 20′ (für violett 56°, für roth 76°)
Weinsteinsäure 2n = 79°
Zucker 2n = 50°

Ferner fand man:

schwefelsaur. Ammoniak 2n = 49° 42′ (Marx)
Kali, chlorsaures 2n = 82°
„ kohlensaures 2n = 80° 30′
schwefelsf. Magnesia-Natron 2n = 46° 49′
Natron, phosphorsaures 2n = 55° 20′
„ unterschwefelsf. 2n = 89° 20′
salpetersaures Zink 2n nahe = 40°

Zuweilen findet noch eine größere Vervielfältigung der Bilder bei doppelt brechendem Krystalle statt, welches, wie Marx dargethan hat, von feinen Sprüngen im Krystalle herkommt. Er konnte nämlich bei Krystallen von salpetersaurem Natron, dessen Doppelbrechung noch stärker als die des Kalkspathes ist, willkürlich eine Vervielfältigung der Bilder bewirken, wenn er in einem klaren Krystalle, parallel der stumpfen Kante, mit einem glühend heißen Messer einsetzte, wodurch der Krystall einen leichten Sprung bekam. Dasselbe gelang ihm auch an ganz reinen und gleichförmig durchsichtigen Stücken vom Doppelspathe. Bisweilen ist auch ein Krystall von Schichten einer fremden durchsichtigen Substanz oder derselben Substanz aber mit anders liegender Axe durchschossen, und es werden dadurch die Bilder vervielfältigt oder es verschwindet in gewissen Fällen scheinbar eines der Bilder. Beim Achat, der von einer sehr großen Zahl dünner Lamellen durchzogen ist, die man leicht mit einer Lupe wahrnehmen kann, erblickt man statt des ungewöhnlichen Bildes (z. B. einer Lichtflamme) einen Lichtnebel, welcher das gewöhnliche Bild umgiebt.

Sehr merkwürdig ist, daß sich durch schnelles Abkühlen stark erhitzten Glases, wie Seebeck entdeckt hat, auch dem Glase die Eigenschaft doppelt brechender Krystalle mittheilen läßt. Auch durch starken Druck erhält das Glas die Eigenschaft doppelt zu brechen, welches Fresnel *) in folgender Art gezeigt hat.

Da sich wohl voraussehen ließ, daß ein Prisma bei sehr geringer Ablenkung

*) J. de Par. 1822 Octbr. p. 314.

beider Strahlen von einander nicht hinreichen würde, um ein doppeltes Bild zu zeigen, so legte Fresnel vier Prismen, deren brechender Winkel ein rechter war, so neben einander, daß die brechenden Winkel nach einer Seite lagen, und die parallelen Kanten der neben einander liegenden Grundflächen sich berührten. Diese vier Prismen waren so zwischen einen eisernen Schraubstock gelegt, daß sie dadurch der Länge nach zusammengepreßt werden konnten. Um diese Prismen zu achromatisiren, oder jede hier nicht zum Zweck gehörende Brechung aufzuheben, wurden die Zwischenräume zwischen diesen Prismen durch völlig gleiche, umgekehrt liegende Prismen ausgefüllt, und an den Enden Prismen von 45 Grad angelegt, um ein rechtwinkeliges Parallelepipedum zu bilden, wodurch das Licht geradlinig fortgehen würde, wenn alle in ihrer natürlichen Beschaffenheit blieben. Um die Reflexionen an den Oberflächen zu hindern, war zwischen den Flächen Terpentin aufgestrichen. Nachdem alles so vorgerichtet war, wurden die ersten vier Prismen stark zusammengepreßt, während die etwas kürzeren, zur Ausfüllung und Achromatisirung bestimmten, diesen Druck nicht litten, und es ließ sich nun voraussehen, daß die kleine Abweichung der beiden Strahlenbüschel von einander, die etwa im ersten Prisma entstehen möchte, sich im zweiten, dritten, vierten vermehren müsse; und wirklich zeigten sich bei starker Compression zwei deutlich von einander entfernte Bilder, wie es hier, wo der Strahl senkrecht auf die Richtung der Compression, welche zugleich die Axe doppelter Brechung ist, durchging, der Fall sein mußte.

Die Erscheinungen doppelter Strahlenbrechung hängen innig zusammen mit denen der Polarisirung des Lichtes (s. d. Art.).

Brechung, conische (v. conus, Kegel), ist eine interessante Erscheinung der Strahlenbrechung in zweiaxigen Krystallen, die von Hamilton durch theoretische Betrachtungen entdeckt und dann von Lloyd *) in der Erfahrung nachgewiesen wurde. Die Erscheinung ist eine doppelte, nach Hamilton äußere und innere conische Refraction genannt. Erstere entsteht, wenn man einen Lichtstrahl durch einen zweiaxigen Krystall in der Richtung einer der sogenannten Axen der conischen Brechung (aa′ Fig. c, s. S. 900) gehen läßt, wo sich dann derselbe bei seinem Austritt in eine unendliche Menge zerbrochener Strahlen zertheilt, welche zusammen eine Kegeloberfläche bilden. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich aber auch im Innern des Krystalles, wenn man nämlich einen Lichtstrahl auf den Krystall in der Richtung einer der optischen Axen (*aa′*) desselben fallen läßt, und dies ist die innere conische Refraction.

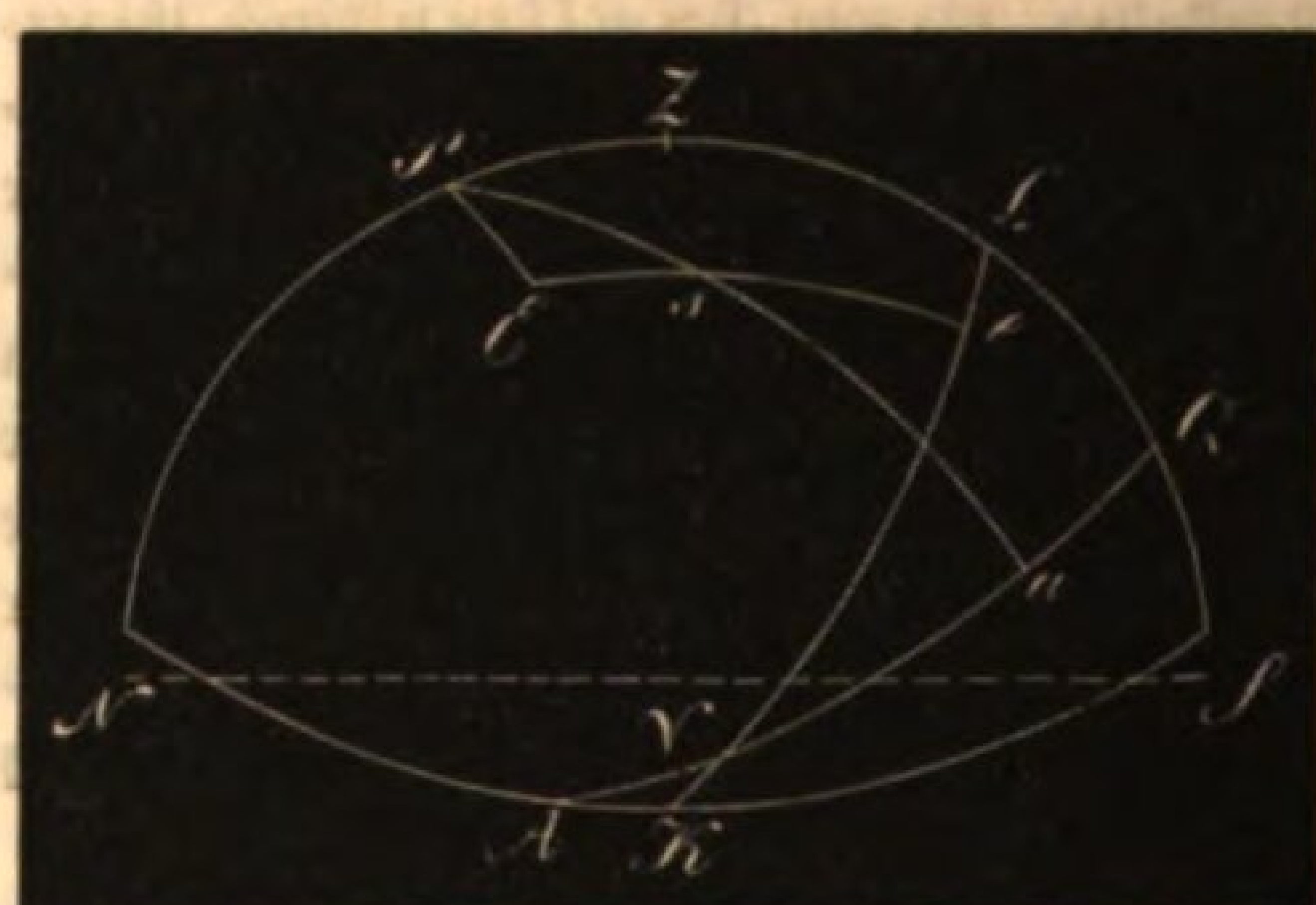
Lloyd erwies die Richtigkeit der Rechnung Hamilton's an einem Aragonitkrystalle. Er concentrirte das Licht einer entfernt stehenden Lampe durch eine Linse von kurzer Brennweite auf einen Punkt der Oberfläche des Krystalles, und erhielt auf derselben einen intensiv leuchtenden Punkt, von welchem aus nach verschiedenen Richtungen Strahlen durch den Krystall gingen. Um aber nur den in der Richtung der Axe conischer Brechung liegenden Strahl zu bekommen, mußte er die entgegengesetzte parallele Fläche des Krystalles, an welcher die Strahlen austraten, mit einer dünnen Metallplatte bedecken, und in dieser eine sehr kleine Oeffnung so anbringen, daß ein vom Leuchtpunkte zu ihr gelangender Strahl die verlangte Lage hatte. In der That erblickte er durch die Oeffnung hindurchsehend einen hellen Ring, der sich auch äußerlich auf einer entgegengehaltenen Tafel dar-

*) Pogg. Ann. Bd. XXVIII.

stellte und seinen Durchmesser mit der Entfernung der Tafel vom Krystalle vergrößerte, daher offenbar von Strahlen herrührte, die auf einer Kegelfläche lagen. Der Winkel, unter welchem die Strahlen des austretenden Kegels divergiren, beträgt beim Aragonit ungefähr 3°.

Zur Darstellung der innern conischen Brechung leitete Lloyd, um einen möglichst feinen Lichtstrahl zu erhalten, das Licht einer Lampe durch zwei kleine Oeffnungen, von denen eine in einem dicht vor der Lampe befindlichen Schirme angebracht war, die andere in einer dünnen Metallplatte, welche an der Vorderfläche eines gegen die Halbirungslinie des Winkels der optischen Axen senkrecht geschnittenen Aragonits befestigt war. Er gab nun durch diese Oeffnungen dem einfallenden Strahle eine solche Richtung, daß er nach der optischen Axe gebrochen wurde, so entstand wirklich im Krystall ein Strahlenkegel, denn es konnte nicht nur durch die Lupe deutlich ein Lichtkreis unmittelbar wahrgenommen werden, sondern es zeigte sich auch ein weißer Kreis auf einem Schirme aufgefangen, dessen Durchmesser aber nicht mit der Entfernung vom Krystall zunahm, da die austretenden Strahlen in diesem Falle alle parallel der ursprünglichen Richtung — natürlich nur dann, wenn die Austrittsfläche der Eintrittsfläche des Krystalles parallel ist — werden, und folglich einen Strahlencylinder bilden müssen.

Breite (astronomische) und Länge eines Gestirns (lat. latitudo siderum, franz. latitude des astres, engl. latitude of stars) sind die auf die Ekliptik bezogenen rechtwinkeligen Coordinaten, durch welche die Lage des Gestirns an der Himmelskugel ebenso, wie durch Abweichung und gerade Aufsteigung (s. d. Art.) bestimmt werden kann. Ein durch den Pol E (s. beistehende Fig.) der Ekliptik K♈L durch den Stern s senkrecht auf die Ekliptik gezogener größter Kugelkreis Ese heißt der Breitenkreis des Sterns. Der Theil es dieses Breitenkreises, welcher zwischen der Ekliptik und dem Sterne sich befindet, heißt dann die Breite des Sterns, welche also entweder nördlich oder südlich sein kann, je nachdem der Stern nord- oder südwärts von der Ekliptik steht und wird



von 0° bis 90° gezählt, so daß ein in der Ekliptik selbst stehendes Gestirn 0° Breite, ein im Pole E befindliches aber 90° Breite hat. Die Länge wird alsdann durch den in Graden, Minuten u. s. w. ausgedrückten Theil (Bogen) ♈e angegeben, der zwischen dem Frühlings-Nachtgleichenpunkte ♈ und dem Breitenkreise Ese des Sternes enthalten ist. Diese Länge nun wird vom Frühlingsäquinoctium, also von 0° Widder, von Westen nach Osten in einem fort von 0° bis 360° gezählt. Die Alten drückten aber die Länge durch eines der 12 Zeichen der Ekliptik (jedes Zeichen hat 30 Grade) nebst den zugehörigen Graden u. s. w. aus; so ist z. B. die Länge von drei Zeichen 14° 7′ gleich der Länge von 104° 7′. — Wegen des Vorrückens der Nachtgleichen (s. d. Art.) ändern sich im Laufe der Jahrhunderte die Längen der Fixsterne beständig, obschon sehr langsam, während ihre Breiten ungeändert bleiben. Dagegen ändern der Mond und die Planeten ihre Brei-

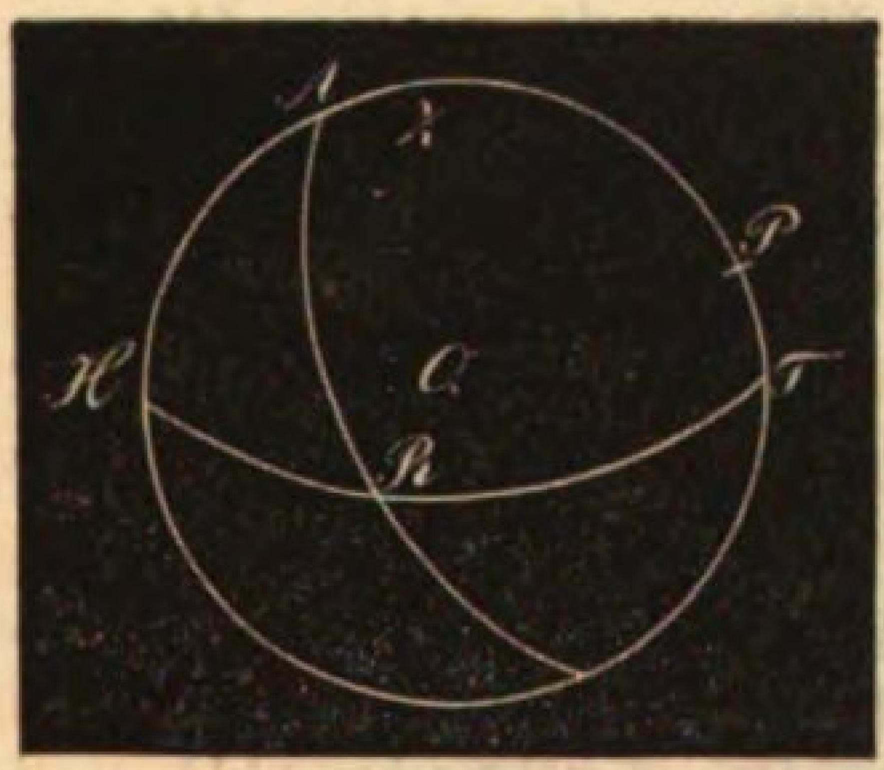
ten beständig, da ihre Bahnen mehr oder weniger gegen die Ekliptik geneigt sind. Bei den Planeten wird außerdem zwischen heliocentrischer und geocentrischer Länge und Breite unterschieden. Ferner unterscheidet man mittlere, wahre und scheinbare Länge und Breite, weil auf letztere Refraction, Parallaxe, Präcession, Nutation und Aberration mehr oder minder einwirken. Die Breite des Sonnenmittelpunktes kann, bis auf eine sehr kleine Abweichung, stets gleich Null angesehen werden, da die Sonne sich in der Ekliptik selbst scheinbar fortbewegt. — Zu bemerken ist endlich, daß die Länge λ und Breite β eines Gestirns sich aus dessen gerader Aufsteigung α und Abweichung δ mittels folgender Formeln, in welchen ω die Schiefe der Ekliptik und m einen Hülfswinkel bezeichnen, bequem ableiten lassen: $\tang m = \cot \delta \sin \alpha$

$$\tang \lambda = \frac{\tang \alpha \sin (m + \omega)}{\sin m}, \quad \sin \beta = \frac{\sin \delta \cos (m + \omega)}{\cos m}.$$

Die alten Astronomen gebrauchten meistens Länge und Breite; dagegen wird jetzt gemeiniglich nur gerade Aufsteigung und Abweichung, weil diese durch directe Beobachtung bequem gefunden werden kann, in der rechnenden Astronomie angewandt.

Breite und **Länge, geographische** (lat. latitudo geographica; franz. und engl. latitude). Die Breite eines Ortes auf der Erde heißt die Entfernung dieses Ortes von dem Erd-Aequator, gemessen auf der Erdkugel; also ein Bogen des Meridians, der durch einen Ort geht, von diesem Orte bis zu dem Punkte, in welchem der Meridian den Aequator schneidet. Am Himmel gemessen ist die geographische Breite eines Ortes der Bogen des Meridians, der durch das Zenith des Ortes geht, vom Zenith bis zum Durchschnittspunkte des Meridians mit dem Aequator.

Wenn beistehende Fig. HRT der Horizont eines Ortes in O ist, HZT sein Meridian, Z sein Zenith, AR der Aequator und P der Pol ist, so ist AZ die Breite des Ortes. PT heißt die Polhöhe des Ortes; nun ist bekanntlich AP ein Viertelskreis (s. d. Art. Pol oder Aequator) und TZ ist auch ein Viertelskreis (s. d. Art. Zenith oder Horizont); folglich ist AP = TZ (nämlich = 90°); und folglich ist:
AP — PZ = TZ — PZ, d. h. AZ = PT oder in Worten: die geographische Breite eines Ortes ist gleich seiner Polhöhe (s. d. Art.).



Die geographische Breite eines Ortes zu wissen, ist darum von Wichtigkeit, weil aus ihr und aus der Länge die Lage des Ortes auf der Erde bestimmt wird. Wenn aber die Erde als ein abgeplattetes Sphäroid, dessen Excentricität = e ist, betrachtet wird, so muß man von der gewöhnlichen geographischen Breite φ eines Ortes der Erdoberfläche dessen sogenannte verbesserte Breite φ' und dessen Erdradius r unterscheiden. Diese Größen r und φ', welche bei Parallaxen-Rechnungen in Betracht kommen, werden bestimmt durch die Gleichungen

$$r \cos \varphi' = \frac{\cos \varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin \varphi^2}}, \quad r \sin \varphi' = \frac{(1-e^2) \sin \varphi}{\sqrt{1-e^2 \sin \varphi^2}},$$

wo log e = 8,9122052 und e^2 = 0,006674372 ist (s. Bessel in Schumacher's Astron. Nachr. Nr. 438).

Die Länge eines Ortes auf der Erde ist der Bogen des Aequators zwischen dem Durchschnittspunkte desselben mit dem ersten Meridiane und dem Durchschnittspunkte desselben mit dem Meridiane des Ortes. Indem der Aequator wie jeder Kreis in 360 Grade u. s. f. getheilt wird, so befindet sich der Nullpunkt dieser Eintheilung, d. h. der Punkt, von dem ab die Grade, Minuten u. s. f. gezählt werden, an der Stelle, wo der erste Meridian den Aequator schneidet. Man zählt von diesem Punkte ab, entweder fort bis zu 360° oder, und dies ist das gewöhnliche, nach jeder Seite bis auf 180°. Die Längenangaben geschehen daher immer in Graden, Minuten u. s. f. und erfordern überdies noch eine Angabe, ob die Grade westlich oder östlich vom Nullpunkte gezählt sind, und endlich noch muß bestimmt sein, welcher als der erste Meridian angenommen worden. (S. d. Art. Meridian.)

In Verbindung mit der geographischen Breite giebt die geographische Länge genau die geographische Lage eines Ortes der Erde an. (Vergl. d. Art. Erde.)

Wenn zwei Orte unter demselben Meridiane liegen, so haben sie natürlich dieselbe geogr. Länge; liegen aber zwei Orte unter verschiedenen Meridianen, so heißt der Unterschied ihrer Längenangaben ihre Meridiandifferenz.

Ueber die Art der Beobachtung und Berechnung der Meridiandifferenz zweier Ort s. d. Art. Meridian.

Brennglas, Brennlinse (lat. vitrum ustorium s. causticum, lens caustica; franz. verre ardent; engl. burningglas) heißt jedes Converglas, weil es die Sonnenstrahlen im Brennpunkte (s. d. Art.) vereinigt und hierdurch Hitze erzeugt, so daß ein in den Brennpunkt gehaltener entzündlicher Gegenstand nach längerer oder kürzerer Zeit zu brennen beginnt. Das Brennglas scheint — zufolge einer Stelle in den „Wolken" des Aristophanes *) — den Alten schon bekannt gewesen zu sein; Plinius **) und Lactantius ***) erwähnen die gläsernen oder mit Wasser gefüllten Kugeln. Häufiger werden die Brennlinsen erst im Mittelalter erwähnt. Bedeutende Wirkungen hatte aber erst Tschirnhausen †) zu Ende des 17. Jahrhunders erzielt; er machte Brenngläser von 33 Zoll Durchmesser und 7 Fuß Brennweite. Dieselben schmolzen Metall, verwandelten einige Metalle sogar bei längerer Einwirkung der Hitze des Brennglases in Dampf, verbrannten nasses Holz, und Steine wurden glühend. Auch Cadet, Brisson, Macquer und Lavoisier haben Versuche mit großen Brenngläsern angestellt. Um größere Durchsichtigkeit zu erlangen, als bei den aus dickem Glase verfertigten Tschirnhausen'schen Brenngläsern möglich war, ließ Trudaine ††) zwei Gläser, die 4 F. Durchmesser hatten und Abschnitte von Kugeln waren, deren Halbmesser 8 F. betrug, zusammensetzen, und den Raum zwischen beiden Gläsern mit Terpentinöl füllen. Die größte Dicke des Zwischenraumes betrug $5^1/_2$ Zoll. Bei

---

*) V. 760.

**) Histor. natur. L. 36. c. 26. L. 37. c. 2.

***) De ira Dei c. 10.

†) Acta Erud. Lips. 1691. p. 52. 1697. p. 414.

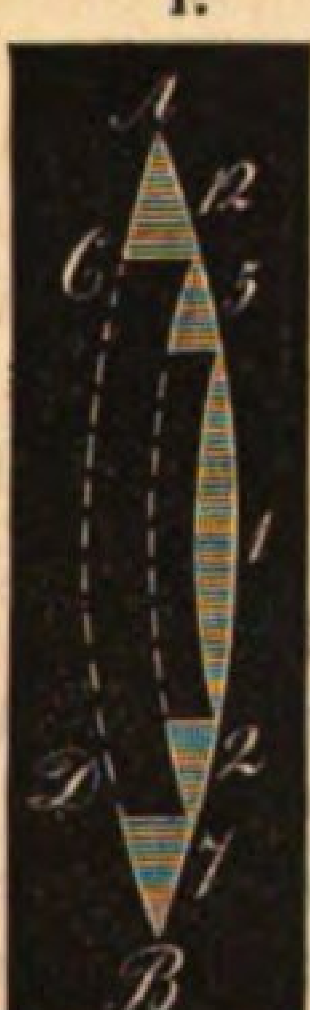
††) Mém. de Paris 1774. p. 62.

der großen Brennweite dieses Instrumentes von mehr als 10 Fuß konnte man deutlich die verschiedene Lage des Brennpunktes für die verschiedenen Farbenstrahlen (s. d. Art. Brechbarkeit) bemerken, woraus sich dann ergab, daß die größte Hitze nahe an den Vereinigungspunkt der gelben Strahlen fiel.

Mit diesem Brennglase wurden in einer halben Minute Kupfermünzen geschmolzen. Noch erhöht wurde die Wirkung durch eine Sammellinse, welche $8^1/_2$ Z. Durchmesser und 1 F. 10 Z. 8 Lin. Brennweite hatte. Nun hatte der Brennraum nur 8 Linien Durchmesser, in dem Eisen auf einer Kohle fast sogleich schmolz; das Eisen gab einen brennenden Rauch von sich, der unten als wahre Flamme erschien, und verwandelte sich endlich in verglas'te Schlacke. Platin kam zwar nicht ganz zum Flusse, rauchte aber und vereinigte sich in eine Masse. Die Anwendung von Sammellinsen zu Erhöhung der Wirksamkeit von Brenngläsern hatte schon Tschirnhausen gemacht und empfohlen. Besonders stark zeigt sich die Wirkung der Hitze auf Körper, welche auf Holzkohle liegen, wozu anfangs die Schwärze, später das Brennen derselben beitragen mag. Durchsichtige Körper werden hingegen weniger erhitzt, weil sie die Strahlen durchlassen. Gar keine Wärme giebt das mit Brenngläsern gesammelte Licht des Mondes. In Paris giebt es ein Brennglas, welches alle früheren noch an Wirksamkeit übertrifft. Es hat einen Durchmesser von 3 Fuß und nur einen Brennraum von 4 Lin. im Durchmesser, und soll Platin schmelzen und Diamanten verbrennen. Große Brennlinsen trifft man z. B. im mathematischen Salon in Dresden an.

Das Gießen und Schleifen sehr großer Linsen hat viele Schwierigkeiten, und die dicken Glasmassen hindern den Durchgang der Strahlen ungemein. Deswegen schlug schon Buffon vor, die Gläser zonenweise aus einem Stücke schleifen. Dagegen giebt Brewster den Rath, dieselben aus mehreren Stücken zusammen zu setzen. Ein solches Brennglas stellt Fig. I. im Durchschnitte durch die Axe AB vor, Fig. II. von vorn gesehen. Das ganze Brennglas hat einen Durchmesser von 4 Fuß.

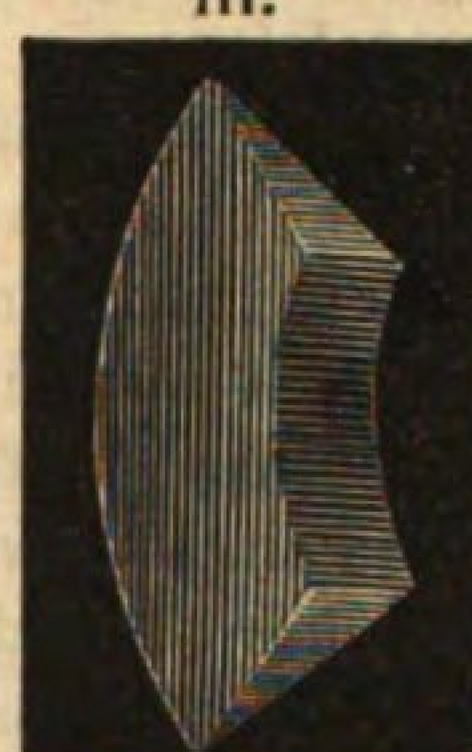
I.



II.

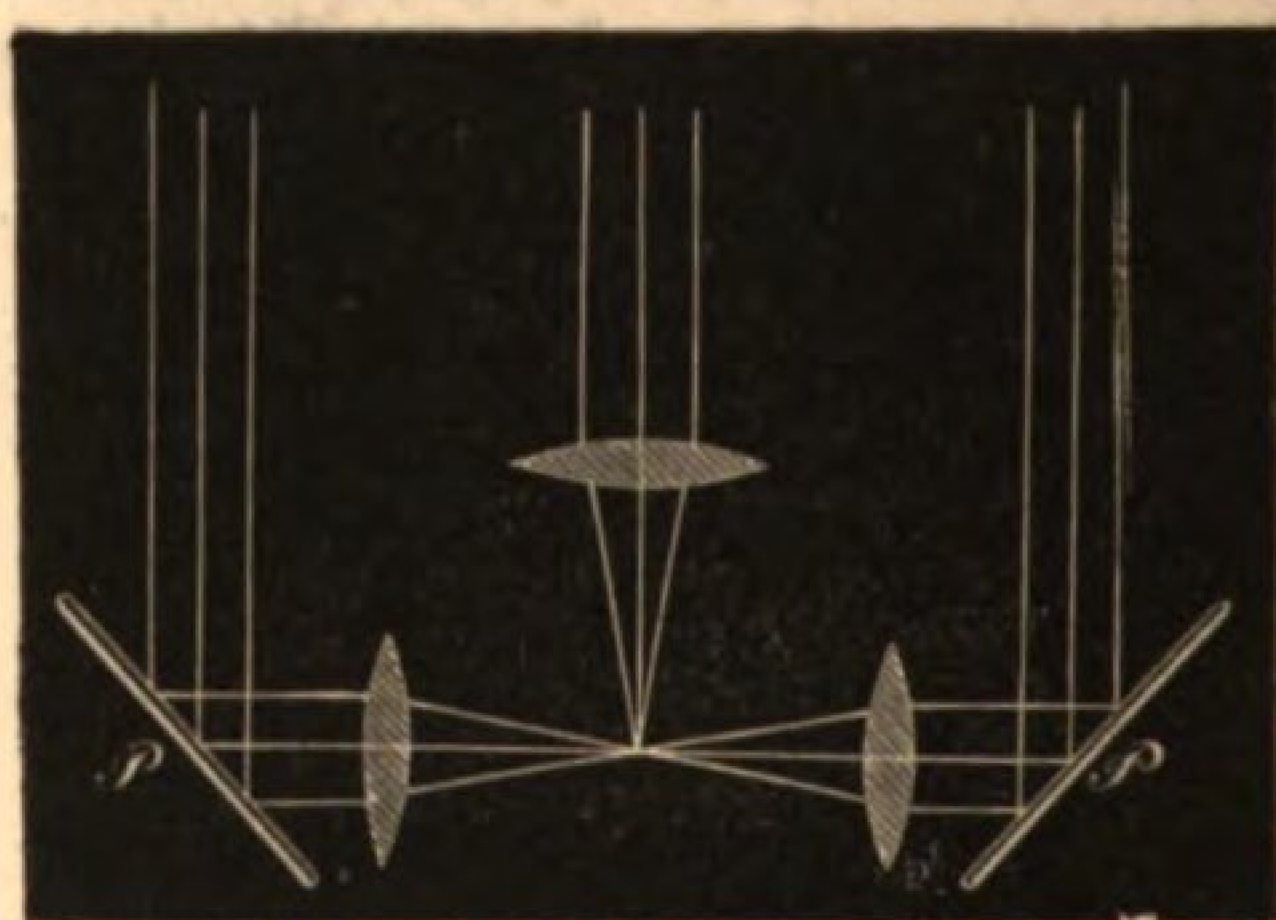


III.



Die mittlere Linse Nr. 1. hält 18 Zoll Durchmesser und ist von Flintglas. Sie wird von der Zone CD, die aus vier zusammengekitteten Segmenten A besteht, umschlossen; daran schließt sich die aus acht Segmenten zusammengesetzte Zone AB an. Fig. III. zeigt ein solches Segment. Brewster führt folgende Vorzüge dieser zusammengesetzten Gläser an. 1) Man bedarf nicht so großer, ganz reiner Glasmassen, kann also aus einem großen Glasstücke den Theil, der recht rein ist, wählen. 2) Eine zufällige Beschädigung zerstört nicht sogleich das ganze Glas und

ist eher durch ein neues Segment zu ersetzen. 3) Die Abweichung wegen der Kugelgestalt kann größtentheils gehoben werden, weil man den Zonen eine solche Lage geben kann, daß ihre Brennpunkte nahe bei dem Brennpunkte der Mittellinse zusammentreffen. 4) Man kann diese Linsen nach und nach theilweise zu Stande bringen, und sie schon gebrauchen, wenn auch noch nicht alle Stücke fertig sind. 5) Will man sich zum Schleifen der Segmente kleinerer Schalen bedienen, so kann man jedes einzeln bearbeiten. 6) Wenn die Segmente nicht alle gleiche Brennweite haben, so ist es leicht, sie in den gehörigen Abständen vom Brennpunkte zu befestigen. Eine solche Zonenlinse würde nach Brewster's Meinung eben nicht über 300 Pfd. Sterling kosten, wenn ihr Durchmesser 6 Fuß betrüge. Um einen größern Hitzegrad zu erlangen, pflegt man auch mehrere Linsen so zu vereinigen, daß ihre Brennpunkte zusammenfallen. Einen solchen Apparat stellt nebenstehende Fig. dar. Um den seitwärts stehenden Linsen das Licht in der erforderlichen Richtung zukommen zu lassen, sind Planspiegel in P und P aufgestellt, welche das Licht nach den Linsen zu werfen. Brewster nennt einen solchen Apparat, der aus einer noch größeren Anzahl solcher unter einander gleichen Linsen zusammengesetzt ist, die in einer Kugeloberfläche neben einander geordnet sind, eine Brennkugel (engl. burning-sphere). Der Mittelpunkt der Kugel ist der Punkt, in dem sich die Brennpunkte sämmtlicher Linsen vereinigen. Die Brennkugel ist einem großen Brennglase an Wirksamkeit gleich, und demselben noch vorzuziehen, weil kleinere Linsen leichter herzustellen sind, auch leichter zu ihnen gutes Glas sich findet, als zu einem großen Brennglase.



Eine nützliche Anwendung von nach Buffon's Vorschlage gefertigten Brenngläsern hat Fresnel *) vorgeschlagen und Becquey sie zu Verstärkung des Lichtes auf Leuchtthürmen ausführen lassen. Brandes beschreibt diese neue Einrichtung der Leuchtthürme wie folgt: Aus linsenförmig geschliffenen Gläsern werden quadratische Stücke von $27^1/_2$ Zoll Seite geschnitten, und acht solcher Brenngläser zu einem achteckigen geraden Prisma verbunden. Der 34 Zoll entfernte Brennpunkt aller acht Linsen fällt in einen einzigen Punkt, und hier befindet sich eine hellbrennende Lampe, deren Strahlen, weil sie vom Brennpunkte ausgehen, durch eine Linse parallel gebrochen und so ungeschwächt auf große Fernen sichtbar werden. Wenn die Lampe nur ein einziger leuchtender Punkt wäre, und die Abweichung wegen der Kugelgestalt und der Farbenzerstreuung nicht einwirkte, so würden diese Strahlen ganz allein nach den acht, auf die Seitenflächen des Prisma's senkrechten Richtungen fortgehen, und zwischen diesen Richtungen würde man kein Licht erblicken; aber die Größe der Lampe bewirkt, daß das Licht sich in einem Kegel, dessen Winkel an der Spitze 7 Grad ist, ausbreitet. Damit nun aber die

*) Bulletin des sciences pour la soc. philos. ann. **1822**. p. **123**.

dunkeln Zwischenräume minder breit werden, bilden andere acht Linsengläser oberhalb der vorigen eine abgekürzte Pyramide, deren Seiten gegen einen Theil jener dunkeln Zwischenräume gewandt sind; diese bringen ebenso parallele Strahlen hervor, die durch Spiegel in horizontaler Richtung zurückgeworfen werden. Durch dieses Hülfsmittel erhält man, obgleich das Licht der letztern acht Gläser schwächer als das der erstern ist, eine solche Ausbreitung der erleuchteten Gegend, daß die dunkeln Zwischenräume nur doppelt so viel als die erleuchteten Räume betragen, wenigstens wenn die Entfernung nicht über hunderttausend Fuß beträgt. Damit aber das Leuchten der Lampe nicht auf gewisse Gegenden beschränkt sei, hat die ganze Verbindung von Gläsern eine drehende Bewegung um eine durch den Mittelpunkt gehende verticale Axe, und man sieht daher in der Ferne bald ein schwaches durch die obern Gläser hervorgebrachtes, bald ein starkes durch die Hauptgläser bewirktes Licht, welchem eine kurze Dunkelheit folgt, und dann sich die vorige Erscheinung erneuert. Dieser Wechsel dient zugleich, um dieses Licht von andern Lichtern zu unterscheiden, und den Schiffer zu überzeugen, daß er wirklich einen Leuchtthurm erblickt. Man hat diese Linsen, theils um sie minder schwer zu machen, theils um ihre Durchsichtigkeit zu vermehren, aus Zonen zusammengesetzt, und Fresnel scheint hierbei noch nicht Brewster's, sondern nur Buffon's Vorschlag gekannt zu haben. Die Wirkung einer sehr hell brennenden Lampe ist durch eine solche Linse so groß, daß man sie in 17 Lieues Entfernung am Tage mit dem Fernrohre sehen konnte, und sie Abends, eine Stunde nach Sonnenuntergang, mit bloßem Auge eben so hell sah, wie einen nur 5 Lieues entfernten englischen Feuerthurm.

Brennkugel, s. Brennglas.

Brennlinie (lat. linea caustica; franz. courbe caustique; engl. caustic line) heißt eine leuchtende Linie, welche sich zeigt, wenn bei durchgehendem oder zurückgeworfenem Lichte nicht alle Strahlen in einen Punkt (Brennpunkt), sondern nur immer die nahe bei einander liegenden Strahlen vereinigt werden. Die Punkte, in denen sich Strahlen schneiden, leuchten heller, und alle diese Punkte zusammengenommen geben die Brennlinie. Man kann die Brennlinie häufig bemerken, z. B. wenn die Sonne in eine mit Milch fast gefüllte Tasse scheint. Dann sieht man auf der Milch die Brennlinie, welche gebildet wird von den Durchschnittspunkten der Strahlen, die von der inneren glatten Fläche der Tasse zurückgeworfen werden. Bei durchsichtigen Körpern, welche die Strahlen nicht in einen Brennpunkt vereinigen, erscheinen ebenfalls Brennlinien (s. d. Art. Abweichung, optische). — Man unterscheidet deswegen katakaustische (v. d. griech. *κατά*, wider und *καίω*, brennen) und diakaustische (v. d. griech. *διά*, durch und *καίω*) Linien. — Die Brennlinien sind daher meistens Curven von doppelter Krümmung und die mathematischen Betrachtungen derselben rein analytisch *).

Brennlinse, s. Brennglas.

Brennpunkt (lat. focus, d. h. Herd; franz. foyer; engl. focus) heißt derjenige Punkt bei Hohlspiegeln und Linsen, in welchen dieselben die von einem Gegenstande parallel mit der Axe auf sie fallenden Strahlen vereinigen und so das Bild des Gegenstandes darstellen. Ist der Gegenstand, von dem die Strahlen ausgehen, zugleich ein Wärme ausstrahlender, so wird in dem Brennpunkte zugleich

*) Vergl. Brandes, höhere Geometrie. I. Theil, §. 467 und 487. Theil II. §. 205.

Hitze hervorgebracht. Bei Linsengläsern ist der Brennpunkt nie ein wirklich mathematischer Punkt, indem sowohl durch die Abweichung wegen der Kugelgestalt, als auch besonders durch die ungleiche Brechbarkeit (s. d. Art.) der Farbenstrahlen kein eigentlicher Brennpunkt, sondern nur ein Brennraum hervorgebracht wird. Hier ist streng genommen der Brennpunkt nur der Punkt des Brennraumes, in dem sich diejenigen Strahlen vereinigen, welche sehr nahe bei der Axe parallel mit derselben einfallen. — Bei parabolischen Spiegeln vereinigen sich auch die entfernt von der Axe parallel mit derselben einfallenden Strahlen in einen Punkt, daher diese Spiegel in der That einen Brennpunkt haben. Die Auffindung desselben bei den verschiedenen Spiegeln und Linsengläsern, s. unt. d. Art. Brennweite. Man unterscheidet wirkliche Brennpunkte (lat. foci physici s. actuales), von denen eben gesprochen worden, und eingebildete Brennpunkte (lat. foci geometrici s. virtuales) oder Zerstreuungspunkte. Bei convexen Kugelspiegeln nämlich werden die Strahlen so zurückgeworfen und bei concaven Gläsern so gebrochen, daß es den Anschein hat, als gingen sie von einem Punkte aus, der nahe hinter der Oberfläche des Spiegels oder nahe vor dem Glase liegt. Diesen Punkt findet man, wenn man sich die zurückgeworfenen oder gebrochenen Strahlen rückwärts verlängert denkt. Ein eingebildeter heißt ein solcher Brennpunkt, weil in der That in ihm keine Vereinigung der Strahlen stattfindet. S. d. Art. Linsenglas, Brennspiegel.

Brennraum, s. Brennpunkt.

Brennspiegel (lat. speculum ustorium s. causticum; franz. miroir ardent; engl. burning speculum) sind Hohlspiegel (s. d. Art. Spiegel), welche die parallel mit der Axe einfallenden Sonnenstrahlen im Brennpunkte oder nahe um denselben herum vereinigen, und dadurch starke Hitze und Entzündung bewirken. Die Kraft eines Brennspiegels ist desto größer, je mehr Flächeninhalt und eine je kürzere Brennweite er hat. Beim sphärischen Hohlspiegel vereinigen sich nie alle Strahlen genau in einem Punkte, sondern nur die, welche nahe bei der Axe einfallen; beim parabolischen Hohlspiegel dagegen findet eine Vereinigung aller parallel mit der Axe einfallenden Strahlen statt. Bei den Brennspiegeln findet nicht wie bei Brenngläsern Brechung und dadurch Schwächung des Lichtes statt, daher wirken jene im Allgemeinen kräftiger als diese. Die Spiegel aber haben wieder den Nachtheil, daß bei der vortheilhaftesten Stellung gegen die Sonne, wo die Strahlen parallel mit der Axe einfallen, der Brennpunkt zwischen dem Spiegel und der Sonne liegt, und sind daher weniger bequem zu gebrauchen als die Brenngläser.

Schon bei den Alten wird der Brennspiegel Erwähnung gethan *). So soll (nach Tzetzes' Erzählung) der berühmte Mathematiker Archimedes die Schiffe der Römer, als sie seine Vaterstadt Syrakus belagerten, durch Brennspiegel in Brand gesteckt, und im Jahre 514 n. Chr. Geb. Proclus dasselbe gegen die Flotte des Vitalianus vor Constantinopel gethan haben. Die Brennweite, welche Archimedes Spiegel hätten haben müssen, müßte jedoch sehr bedeutend gewesen sein; so daß es unmöglich erscheint, daß sich Archimedes ähnlicher Hohlspiegel, wie sie jetzt gewöhnlich und oben beschrieben sind, bedient habe. Die Mög-

---

*) Vergl. van Cappelle's Untersuchungen über Archimedes' Brennspiegel in Gilb. Ann. Bd. LIII. S. 242.

lichkeit der Sache ist jedoch durch Kircher und Buffon dargethan, weil man nämlich auch mittelst ebener Spiegel Brennspiegel herstellen kann. Buffon *) verband 168 ebene Spiegel, von denen jeder 6 Zoll hoch und 8 Zoll breit war, durch Charniere mit einander, und stellte dieselben nun so, daß alle oder eine große Menge derselben das Bild der Sonne auf einen Punkt hin warfen. So gelang es ihm, in Entfernungen von 20 Fuß, 30 Fuß, 150 Fuß große Hitze hervorzubringen. Unter andern entzündete er mit 40 Spiegeln auf 50 Fuß Entfernung ein getheertes tannenes Bret; mit 117 Spiegeln schmolz er Silber, und entzündete mit 128 Spiegeln auf 150 Fuß Entfernung ein getheertes tannenes Bret. Zugleich zeigte sich, daß man noch hinreichende Wirksamkeit erhielt, wenn auch der Brennpunkt nicht zwischen die Spiegel und die Sonne, sondern etwas seitwärts fiel.

Die durch Brennspiegel hervorgebrachte Hitze ist außerordentlich. Vilette**) brachte mittelst eines Hohlspiegels von 30 Zoll Durchmesser und 3 Fuß Brennweite die schwerflüssigsten Metalle zum Schmelzen, und verglasete Erden, Steine, Schmelztiegel. Tschirnhausen***) besaß einen Brennspiegel, den er aus einer Kupferplatte hatte arbeiten lassen, und der 6 Fuß Durchmesser und 4 Fuß Brennweite hatte. Dieser entzündete Holz, schmolz Silber u. s. w. Große Brennspiegel trifft man z. B. im mathematischen Salon in Dresden an. Ueber die in neuerer Zeit gemachte wichtige Anwendung der Brennspiegel bei Leuchtthürmen s. den Art. Hohlspiegel.

Brennweite (lat. distantia foci; franz. distance du foyer; engl. focal distance) heißt die Entfernung des Brennpunktes eines Linsenglases oder Hohlspiegels von der Mitte des Glases oder des Spiegels. Beim parabolischen Spiegel liegt der Brennpunkt im Brennpunkte der Parabel, durch deren Umdrehung man den Hohlspiegel entstanden denken kann. Beim sphärischen Hohlspiegel ist die Brennweite gleich der Hälfte des Halbmessers der Kugel, von deren Fläche der Spiegel ein Abschnitt ist. Indem wir wegen der allgemeinen Betrachtung der Brennweiten für verschiedene Linsengläser auf den Art. Linsengläser verweisen, wollen wir hier nur einige besondere Fälle erwähnen, und hierbei die Gläser ohne merkliche Dicke voraussetzen. Sei für Glas, wie gewöhnlich, der Brechungsexponent $3:2 = 1{,}5$, r der Halbmesser einer auf beiden Seiten kugelförmig geschliffenen Linse, und r' der Halbmesser der Kugel, von deren Fläche die zweite Oberfläche der Linse ein Abschnitt ist; so giebt die Formel $= \frac{2rr'}{r+r'}$ die Brennweite der biconvexen Linse, d. h. die Brennweite ist bei einer solchen Linse gleich dem doppelten Producte aus den Halbmessern der Kugeln, von deren Flächen ihre Oberflächen Abschnitte sind, dividirt durch die Summe jener beiden Halbmesser. Sei nun aber allgemein $m:n$ das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels, so ist die Brennweite $= \frac{nrr'}{(m-n)(r+r')}$. — Sind die Oberflächen einer biconvexen Linse Theile derselben Kugelfläche, d. h. entspricht beiden derselbe Halbmesser, so wird in der gegebenen Formel $r = r'$,

*) Mém. de Paris. 1747. p. 83. 1748. p. 305.
**) Montucla hist. des math. II. p. 513. — Philos. transact. 1665. p. 95.
***) Acta erudit. Lips. 1687. p. 52.

und es ergiebt sich die Brennweite $= \frac{n\,r}{2\,(m-n)}$. Ist aber bei einer Linse nur die eine Oberfläche ein Theil einer Kugelfläche, deren Halbmesser $= r$ sei, die andere eben, so ist die Brennweite $= \frac{n\,r}{m-n}$. Beim Meniscus sei r' der Halbmesser der erhabenen Fläche, r der Halbmesser der hohlen Fläche, so ist die Brennweite $= \frac{n\,r\,r'}{(m-n)\,(r-r')}$. Bei concaven und concavconvexen Gläsern, wo der Halbmesser der convexen Fläche größer ist, als der Halbmesser der concaven Fläche, giebt es keinen Brennpunkt, sondern nur einen Zerstreuungspunkt. — Diese Formeln gelten nicht für die Kugel, deren allgemeine Formel Brennweite $= (n - \frac{1}{2}\,m)\,r$ und wo r der Halbmesser der Kugel, $m : n =$ dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels ist. — Man findet die Brennweite ohne Berechnung durch Beobachtung, wenn man die Sonnenstrahlen parallel mit der Axe einfallen läßt und nun die Stelle sucht, wo sich das Sonnenbild am reinsten und hellsten auf einer senkrecht gegen die Axe gehaltenen Ebene zeigt.

Brillen (lat. perspicilla; franz. lunettes oder besicles; engl. spectacles) sind die bekannten aus einem Gestelle und zwei Gläsern bestehenden Werkzeuge, welche dienen, bei einer fehlerhaften Beschaffenheit der Augen, welche das deutliche Sehen hindert, dieses herzustellen.

Als Erfinder wird Alexander de Sina, der 1313 zu Pisa starb, angegeben, der bei einem andern eine Brille sah, und als dieser ihm nähere Mittheilungen verweigerte, selbst eine solche verfertigte.

Das gewöhnlichste Material, dessen man sich zur Verfertigung der Brillen bedient, ist das englische Kronglas und das weiße Tafelglas; bei weitem besser aber ist das Flintglas, zwar theurer, aber auch viel härter und reiner, und verdient daher zur Anfertigung einfacher Gläser unbedingt den Vorzug, besonders solcher Gläser, die für Kurzsichtige bestimmt sind. Das schönste Material aber, dessen man sich zur Anfertigung einfacher Gläser bedienen kann, ist der sogenannte brasilianische Kiesel oder Bergkrystall, dessen Vorzug hauptsächlich darin besteht, daß er außerordentlich rein ist, daher die Augen am wenigsten reizt und ermüdet, daß er nicht so leicht zerbricht, durch keinen Stoff, der weicher als ein Diamant ist, geritzt, und so ohne Futteral in der Tasche getragen werden kann, welches besonders für Reisende und kurzsichtige Personen von großem Vortheil ist. Dagegen muß freilich erinnert werden, daß dergleichen Brillengläser die theuersten von allen sind, indem ein Paar der besten Krystalle 8 bis 12 Thlr. kostet. In der Wahl der Brillengläser muß man vorsichtig sein, da sie sehr häufig, besonders die der herumziehenden Brillenhändler, mancherlei Mängel, wie Adern, Flecken, Schrammen, Bläschen u. s. w. haben. Um Adern in einem convexen Glase, welche das Sehen unvollkommen machen, indem sie die Gegenstände verrücken und entstellen, zu entdecken, stelle man ein Licht 13 bis 16 Fuß von sich; dann sehe man durch das Glas, entferne es vom Auge, bis man es voller Licht findet, und man wird deutlich jede Ader in demselben sehen. Flecken und Schrammen sind nicht so schädlich als Adern, weil sie nicht den Gegenstand entstellen, sondern nur einen Theil des Lichtes auffangen. Um die Figur des Glases zu prüfen, lege man ein Buch

vor sich hin, halte die Brille in der Hand und entferne sie allmälig, indem man hindurchsieht, von dem Buche. Ist die Figur des Glases fehlerhaft, so werden die Gegenstände entstellt und verwirrt erscheinen. Betrachtet man hingegen einen solchen Gegenstand durch ein richtig geschliffenes Glas, so wird er überall genau und deutlich erscheinen, nur in vergrößerter Gestalt, nach dem Grade der Vergrößerung des Glases; und wenn man allmälig das Glas über den Brennpunkt hinaus entfernt und das Glas mit der Fläche des Papiers parallel hält, so werden alle Theile des Gegenstandes in derselben Entfernung gleich undeutlich werden.

Was die Farbe des Glases anlangt, so ist die beste Masse diejenige, durch welche die Gegenstände so viel als möglich in ihrer natürlichen Farbe erscheinen. Gefärbte Gläser zerlegen einen Theil des einfallenden Lichtes so, daß sie gewisse Farben verschlucken und die übrigen durchlassen, ein anderer Theil aber unzerlegt und unverschluckt durch sie hindurchgeht. Der leichteste Weg, die Farbe eines Glases zu untersuchen, ist, daß man es auf weißes Papier legt. Indeß bedient man sich auch gefärbter Gläser, der grünen, blauen, azurfarbenen und selbst der dunkelblauen, theils um den gewöhnlichen Lichtreiz für sehr empfindliche Augen zu mäßigen, theils um die Augen beim Anblick heller Gegenstände gegen zu grelles Licht zu schützen. Bei Gebirgsreisen über große Schneeflächen, welche von der Sonne stark beschienen werden, muß man die Augen mittelst blauer Gläser schützen. Reizbaren Augen empfiehlt man im Sommer bei hellem Sonnenlicht azurfarbene Gläser. Die grünen Gläser, welche früher zu diesem Zweck in häufigem Gebrauche waren, sind weniger zu empfehlen, weil die Gegenstände gelb und mit einem rothen Rande erscheinen, wenn man längere Zeit durch sie sieht.

Die Form der Gläser ist sowohl ihrer Begrenzung als der Oberfläche nach verschieden. Gewöhnlich giebt man ihnen eine runde oder ovale Form; bisweilen macht man sie auch achteckig. Für den Gebrauch ist aber dies nicht gleichgültig. Denn ein Brillenglas muß einen so großen Umfang haben, daß man nicht über den Rand desselben hinwegzuschauen vermag: eine nothwendige Bedingung des unschädlichen Gebrauchs derselben. Deshalb möchte die runde Form (oder die Form der alten spanischen Brillen mit großen Gläsern) unten allen Umständen vor der der jetzt üblichen kleinen Gläser, die ein Oval, dessen Gestalt der Oeffnung des Auges ähnlich ist, darstellen, den Vorzug verdienen. — Größer ist die Verschiedenheit in der Gestalt der Flächen der Gläser. Sie sind entweder platt, gleichen einem gewöhnlichen Fensterglase und heißen Plangläser, welche in denjenigen Fällen gebraucht werden, wo man das Auge gegen die Einwirkung äußerer Schädlichkeiten (Staub, Wind u. s. w.) schützen will, oder wo das Auge sehr reizbar ist und zu grelles Licht, wie das des Schnees, der Sonne und anderer heller Gegenstände nicht verträgt. In diesem letztern Falle sind es zugleich gefärbte Gläser.

Gewöhnlich sind die Gläser entweder auf beiden Seiten hohl oder auf beiden Seiten erhaben geschliffen. Wollaston hat jedoch den Gebrauch von Menisken angerathen, weil man dadurch bequem nach allen Seiten sehen kann; indessen haben diese sogenannten periskopischen (v. d. griech. περισκέπτω, rings herum sehen) Gläser den Nachtheil, daß sie stark spiegeln. Galland v. Cherveux hat Gläser mit cylinderförmigen Oberflächen vorgeschlagen, welche aus Segmenten eines Cylinders mit sich durchkreuzender Axe und Oberfläche bestehen sollen. Sie werden meistens achteckig geschliffen, erreichen aber den ange-

gebenen Zweck nicht und geben, vorzüglich wenn die Cylinder von kurzen Radien sind, außerhalb der Mitte auffallend verzerrte Bilder.

Dem Zwecke nach theilt man die Brillen ein in solche, welche für empfindliche, weitsichtige und kurzsichtige Augen bestimmt sind. Zu jenen gehören die Plangläser, sie mögen nun gefärbt sein oder nicht (s. oben). Man spricht zwar auch von Conservations- oder Präservativbrillen, welche dazu dienen sollen, die Sehkraft gesunder Augen zu erhalten und die geschwächter Augen zu stärken. Dergleichen Gläser giebt es aber nicht. Denn jedes Glas, und wenn es noch so rein wäre, ist ein dichteres Mittel als die Luft, das Auge wird daher beim Gebrauch desselben immer etwas angestrengt. Sind die Gläser gut, so ist die Anstrengung so gering, daß sie nicht bemerkbar wird und gesunden Augen nicht schaden kann; bereits geschwächten kann sie aber sehr nachtheilig werden. Höchstens könnte man mit jenem Namen die Staubbrillen und die, welche für empfindliche und lichtscheue Augen bestimmt sind, belegen.

Die Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit lassen oft keine radicale Heilung zu und können dann nur palliativ, nämlich durch den vorsichtigen Gebrauch der Brillen verbessert werden. Für den Kurzsichtigen sind hohlgeschliffene Gläser, für den Weitsichtigen erhaben geschliffene nöthig. Bei jenem nämlich sollen die von einem Gegenstande ausgehenden Strahlen durch die vorgehaltene concave Linse so aus einander gelenkt und gebrochen werden, daß ihr Vereinigungspunkt nicht vor der Netzhaut, sondern auf derselben stattfindet. Bei diesem aber sollen die Strahlen, welche sich hinter der Netzhaut erst vereinigen, durch die vorgehaltene convexe Linse zusammengelenkt und ihre Divergenz so vermindert werden, daß die Vereinigung auf der Netzhaut geschieht.

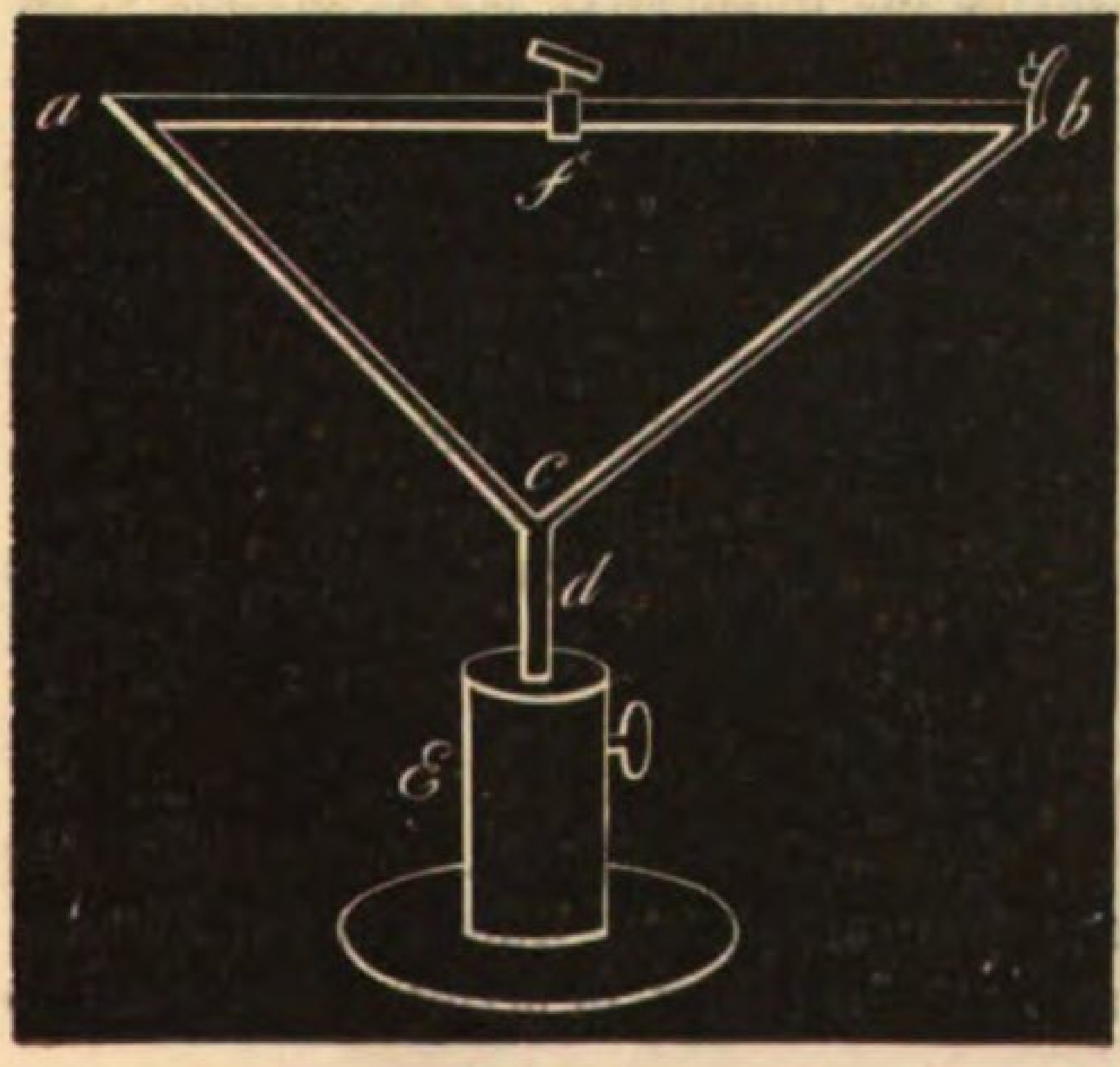
Viele, selbst berühmte Augenärzte, wollen den Gebrauch der Brillen auch bei abgestumpfter Empfindlichkeit der Netzhaut gestatten; allein durch den hierdurch entstehenden Lichtreiz wird das Gesicht sehr häufig in der Folge so verschlechtert, daß vollkommene Blindheit entsteht, abgesehen davon, daß die Augenkranken oft gar keine passende Brille finden, weil die Abnormität nicht in den durchsichtigen und brechenden Theilen des Auges liegt.

Im gemeinen Leben wählt man zwar die Brillen durch Versuche, vermittelst derselben zu lesen; aber da bei so oberflächlicher Wahl leicht beträchtliche Mißgriffe gethan werden können, so ist es nothwendig, sie nach gehöriger Berechnung zu wählen und daß man also die Entfernung des deutlichen Sehens oder den für ein Auge nöthigen Abstand des Gegenstandes wisse. Man halte zu diesem Zwecke eine Schrift von mittelmäßiger Größe zuerst in der Normalentfernung von 15 bis 20 Zoll und entferne sie von da aus bei den Weitsichtigen, und nähere sie bei den Kurzsichtigen langsam, bis sie ganz rein wird, um auf diese Weise die möglichst geringe Abweichung vom Normalzustande zu treffen. Dann wiederhole man den Versuch, wobei man auch einige Mal die Schrift sogleich in die vorhin gefundene Entfernung stellen kann; denn es könnte sein, daß bei der langsamen Entfernung vom Normalpunkte das Auge nach und nach angespannt würde, und daß sich daher bei der ersten Messung der wahre Grad seiner Schwache nicht zeigte. Man mache die Versuche bei gewöhnlichem Licht und Zustande des Körpers und Gemüths. Soll aber die Brille stets bei Lampenschein gebraucht werden, so müssen auch bei Lampenscheine, nicht am Tage, die Versuche angestellt werden. Bisweilen ist auch die Sehkraft beider Augen ungleich; dann muß bei jedem Auge die Entfernung

besonders gemessen und jedem auch ein besonderes Glas berechnet werden. Hat man nun so die Entfernung des deutlichen Sehens gefunden, so mißt man dieselbe mittelst eines Fadens vom Augenlide an bis zu dem bezeichneten Punkte, und bestimmt das Maß nach Zollen. Ein ganz genaues und einfaches Verfahren ist das von Holke beschriebene. Nach ihm spannt man einen Faden von dem untern Augenlide an aus; an der Stelle, wo der Faden am deutlichsten dem Auge erscheint, ist er am dünnsten und zusammengezogensten, je mehr aber seine Punkte von der deutlichsten Stelle entweder nach dem Auge zu oder von dem Auge abliegen, um so breiter wird er, so daß er also die Gestalt zweier sich entgegen gekehrter Pyramiden ab und cb (s. beistehende Fig.) darbietet, die in b zusammenfließen, wo das deutlichste Sehen stattfindet.



Dieser Punkt b rückt mehr dem Auge zu oder mehr vom Auge ab, je nachdem man sich anstrengt, nähere oder entferntere Punkte des Fadens deutlich zu sehen, und die nächste Grenze, bis zu welcher man so die gemeinschaftliche Spitze b der Pyramiden zu bringen vermag, wird die erste Grenze der deutlichen Sehweite, die entfernteste Grenze dagegen die zweite Grenze der deutlichen Sehweite, der Zwischenraum zwischen beiden Sehweiten der Spielraum der deutlichsten Sehweite sein. Holke erinnert, daß Bestimmungen mit Apparaten dieser Art bei Kurzsichtigen in der Regel leicht zu erhalten sind, am meisten Schwierigkeit aber bei denen haben, die ein gesundes Auge besitzen, wegen der Größe des Spielraums des deutlichen Sehens. Ein sehr einfaches Instrument, welches jeder Brillenhändler führen sollte, ist ein Lineal mit einem verschiebbaren Linsenglase, dessen Brennweite p genau bekannt sein muß; außerdem muß sich über das Lineal noch ein kleines Object erheben, welches ebenfalls verschiebbar ist. Schiebt man nun das Object so nahe an die Linse, bis man es durch dieselbe deutlich sieht, und mißt dann die Entfernung a der Linse vom Objecte, so läßt sich die deutliche Sehweite $= \frac{a+p}{ap}$ berechnen. Der Werth dieses Ausdruckes kann unmittelbar auf das Lineal verzeichnet, und dann die Gesichtsweite sogleich von demselben abgelesen werden. Ein ähnlicher sehr zweckmäßiger Apparat ist der bei nebenstehender Figur abgebildete. a b ist eine mit einem Maßstabe versehene Stange, welche durch zwei Arme a c und b c mit dem Stiel d verbunden ist, der in dem Fuß E nach Bequemlichkeit des von b Sitzenden verschoben und durch eine Stellschraube befestigt werden kann. Bei b ist eine Art Larve angebracht, deren beide durch kurze enge Röhren gebildete Augenlöcher durch leicht verschiebbare Deckel einzeln geschlossen werden können; f ist ein auf der Stange verschiebbares Lesepult. Wenn nun der zu Untersuchende hinter der Larve b sitzt, kann er weder willkür-



lich noch unwillkürlich den Untersuchenden über die Entfernung, bei der er am deutlichsten lesen kann, täuschen, weil er kein Kriterium hat, ob das Lesepult dem Auge näher oder ferner steht. Simulanten entlarven öftere Wiederholungen, zwischen denen die Sehlöcher geschlossen werden, wenn sie zufällig das Gewünschte anfangs treffen sollten, sicher; deshalb wird diese einfache Maschine z. B. von vielen Militärärzten angewendet, weil öfters Kurzsichtigkeit vorgegeben wird, um sich der Militärpflicht zu entziehen.

Um nun für ein weitsichtiges Auge die ihm passende Linse zu finden, so multiplicire man die Entfernung, in der der Weitsichtige deutlich sieht, mit der Entfernung, in welcher er durch die Brille sehen soll, und dividire das Product durch den Unterschied jener beiden Entfernungen, so giebt der Quotient die gesuchte Brennweite des Glases. Für Kurzsichtige gilt das Nämliche, nur mit dem Unterschiede, daß die Brennweite des für ihn tauglichen Glases negativ, d. h. daß das Glas concav sein muß.

Zweckmäßig bleibt es immer, solche Brillen auszuwählen, die nicht ganz so scharf sind, als man etwa wünschen sollte. Denn dadurch zwingt man das Auge gleichsam, sich an die geringere Weitsichtigkeit oder Kurzsichtigkeit zu gewöhnen, und wird es bemerklich, daß dieses geglückt ist, so kann man es durch eine andere Brille noch weiter führen zc. Besonders ist den Kurzsichtigen zu rathen, mit so flachen Gläsern als möglich zufrieden zu sein, dagegen Gläser zu meiden, welche bei aller Schärfe das Auge blinzeln und bald auch schmerzen machen. Und in dem Falle, wo die Anwendung einer Brille absolut nothwendig ist, wird der Augenkranke wohl thun, wenn er nicht fortdauernd, sondern nur in jenen Momenten, wo das deutliche Sehen durchaus nothwendig ist, die Brille anwendet. Muncke behauptet zwar gegen Büsch das Gegentheil, und meint, es sei zweckmäßig, bei einem solchen Zustande der Augen die Brille stets zu tragen, wenn einmal die Abnormität durch das Brillenglas compensirt werden soll, allein dieser Ausspruch hat nur dann seine Gültigkeit, wenn ein Kranker an einem so hohen Grade der Kurzsichtigkeit leidet, daß er in einer Entfernung von 3 bis 4 Zoll kleinere Gegenstände nicht mehr zu unterscheiden vermag. Ist die Kurzsichtigkeit hingegen gering, so trägt die äußere Form der Gläser nicht nur zur Kurzsichtigkeit, sondern auch zur Störung der Sehkraft im Allgemeinen bei. Dagegen hat Muncke recht, wenn er sagt, daß es von großer Wichtigkeit sei, vorzüglich für Kurzsichtige, welche ohnehin durch anhaltendes Zusammenbiegen der Augenaxen leicht doppelsichtig und schielend werden, beide Linsen, namentlich bei den Hand-Lorgnetten in gehöriger Entfernung von einander zu halten, damit das gewohnte Zusammenbiegen der Augenaxen und das Doppeltsehen nicht noch mehr verdoppelt werde. Uebrigens darf man durchaus nicht glauben, daß Weitsichtigkeit sich mittelst einer Brille mit Hohlgläsern und Kurzsichtigkeit sich mittelst einer Brille mit erhabenen Gläsern mindern lasse; denn dies ist schon aus medicinisch-anatomischen Gründen, sowie der Theorie der Linsengläser zufolge, eine grundfalsche Ansicht, die auch von der Erfahrung nicht bestätigt wird.

Brise, s. Wind.

Brockengespenst, s. Luftspiegelung.

Brom, lat. Bromum (v. d. griech. βρῶμος, der Gestank), wurde 1826 von Balard in der Mutterlauge des Seewassers entdeckt, und seitdem in den Tangarten, dem Badeschwamm und in den meisten Salzquellen in geringer Menge aufge-

funden; in Mexico und in Chili kommt es in Verbindung mit Silber als Mineral vor. Das Brom wird aus der Mutterlauge des Seewassers und gewisser Salzquellen auf die Weise gewonnen, daß man Chlor in dieselbe hineinleitet, die gelbe gefärbte Flüssigkeit mit Aether schüttelt, die hyacinthrothe ätherische Auflösung mit concentrirter Kalilauge behandelt, abdampft, glüht, den Rückstand mit Braunstein mengt und mit Schwefelsäure destillirt; das im Destillate enthaltene Brom trennt man von der über demselben stehenden wässerigen Flüssigkeit und entwässert es vollständig durch Destillation über Chlorcalcium. Bei gewöhnlicher Temperatur ist das Brom eine dunkelrothe, fast schwarze, bei durchfallendem Lichte hyacinthrothe dünne Flüssigkeit von 2,966 specif. Gewicht, welche bei —19° zu einer gelbbraunen, zuweilen bleigrauen spröden krystallinisch-blätterigen Masse erstarrt; bei gewöhnlicher Temperatur verdampft das Brom schnell an der Luft, siedet bei 47° und bildet gelbrothe Dämpfe, denen der salpetrigen Säure ähnlich, deren specif. Gewicht über 5,0 ist; es schmeckt scharf, brennend und widrig, riecht unangenehm und wirkt, ähnlich wie das Chlor, aber nicht so heftig, auf den thierischen Organismus ein, ohne jedoch selbst bei dem Einathmen größerer Mengen der Dämpfe dem Leben selbst gefährlich zu werden; ein Tropfen einem Vogel in den Schnabel gegeben, tödtet denselben; es erregt auf der Haut Jucken und in größerer Menge angewendet, durchfrißt es dieselbe, ebenso wie vegetabilische Substanzen unter gelber Färbung derselben; es löst sich in Wasser ein wenig auf, leichter in Alkohol und am besten in Aether, wie auch in ätherischen Oelen. Es verbindet sich bei 0° mit Wasser zu einem Hydrat (10 At. oder 53,44 Proc. Wasser), welches in schönen hyacinthrothen regelmäßigen Octaedern sich ausscheidet und erst über + 15° sich wiederum zersetzt. Zu dem Sauerstoff hat das Brom nur geringe Verwandtschaft, es vereinigt sich mit demselben nicht unmittelbar; die Darstellung, Eigenschaften und das Verhalten der Bromsäure stimmen fast vollkommen überein mit dem, was bei der Chlorsäure gesagt ist, weswegen wir in dieser Hinsicht auf den Art. Chlor verweisen.

Der Bromwasserstoff (Hydrobromsäure) bildet sich bei Entzündung eines Gemenges von Bromdampf und Wasserstoffgas mittelst des elektrischen Funkens, ferner durch Erhitzung von Phosphor, Brom und ein wenig Wasser, wie auch durch Zersetzung des Bromkaliums mit Schwefelsäure; es ist ein farbloses Gas von stechendem Geruch, sehr saurem Geschmack und 2,71 specif. Gewicht, zieht aus der Luft Wasser an und bildet mit demselben weiße dicke Nebel; es wird von Wasser in großer Menge absorbirt, welche wässerige Flüssigkeit, bei möglichster Concentration ein specif. Gewicht von 1,29 hat, an der Luft raucht, unter 100° kocht und sich in jeder Hinsicht, wie auch die Verbindungen des Broms mit Phosphor, Schwefel, Stickstoff u. s. w. den analogen Verbindungen des Chlors entsprechend verhält. Vergl. auch den Art. Salzbilder. E. W.

Brontometer, s. Gewitter.

Brunnen, s. Quellen.

Bussole, s. Declinatorium.

Cadmium (Atgew. = 696,7; Chem. Zeichen = Cd) wurde 1817 in einem unreinen schlesischen Zinkoxyd durch Zufall entdeckt von Hermann, und von Stromeyer genauer untersucht. Es kommt häufig der Zinkblende und dem Galmei beigemengt vor und tritt auch als reines Schwefelcadmium in einen seltenen Mineral, dem Greenockit, auf. Das cadmiumhaltige Zink oder Zinkerz wird in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst, durch Schwefelwasserstoff gefällt, das ausgeschiedene Schwefelcadmium in Salzsäure aufgelöst und aus der Lösung das Cadmium durch kohlensaures Ammoniak als kohlensaures Cadmiumoxyd niedergeschlagen, welches mit Kohle innig gemengt im Tiegel bei mäßiger Rothglühhitze reducirt wird. Das so dargestellte Cadmium ist ein stark glänzendes, fast zinnweißes Metall, welches ein dichtes Gefüge und einen hackigen Bruch besitzt, leicht in Octaedern krystallisirt, ein wenig härter als Zinn ist und wie dieses beim Biegen ein eigenthümliches Geräusch verursacht; es ist geschmeidig, dehnbar und läßt sich leicht feilen, hat ein spec. Gew. = 8,604, nach dem Hämmern = 8,694, schmilzt vor der Rothglühhitze bei ungefähr 360°, verdampft etwas über dem Siedepunkte des Quecksilbers; es verliert an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur nicht seinen Glanz, in der Hitze verbrennt es zu braunem Oxyd. Das Cadmiumoxyd (CdO) bildet, je nachdem es mehr oder weniger stark geglüht wurde, ein dunkelbraunes oder braunrothes und braungelbes Pulver, verändert sich selbst in der heftigsten Weißglühhitze nicht und hat ein spec. Gew. = 8,183. Das Hydrat des Oxydes ist weiß und wird durch Fällung eines auflöslichen Salzes mittelst Kali dargestellt. Die Cadmiumoxydsalze sind meist farblos, röthen in Wasser aufgelöst Lackmus, besitzen einen widrig metallischen Geschmack und bewirken Erbrechen; ihre Lösungen werden durch Schwefelwasserstoff gelb, durch Kali, kohlensaure und oxalsaure Alkalien, und Cyaneisenkalium weiß gefällt; Zink schlägt aus ihnen metallisches Cadmium in der Form von Dendriten nieder. Das schwefelsaure Cadmiumoxyd ($CdO, SO^3 + 4\,HO$) krystallisirt in farblosen, 4seitigen Säulen, ist leicht in Wasser auflöslich, verliert bei geringer Erhöhung der Temperatur sein Krystallwasser, ohne zu schmelzen, und in der Glühhitze die Hälfte seiner Säure, indem basischschwefelsaures Cadmiumoxyd zurückbleibt ($2\,CdO, SO^3$). Das Schwefelcadmium (CdS) kommt in der Natur vor in doppelt 6seitigen Pyramiden, von 4,8 spec. Gew., von der Härte des Kalkspaths, demantglänzend, halbdurchsichtig und von honiggelber Farbe; das künstliche wird auf nassem Wege dargestellt und bildet ein pomeranzengelbes Pulver, welches beim jedesmaligen Erhitzen erst bräunlich und dann karmosinroth wird, schmilzt in der Weißglühhitze und bildet beim Erkalten eine halbdurchsichtige gelbe krystallinischblättrige Masse; in concentrirter Salzsäure ist es leicht auflöslich. Das Schwefelcadmium wird als schöne Malerfarbe, theils für sich allein (Jaune brillant) theils mit Blau gemischt zu Grün angewendet, es ist dauerhaft und steht dem Chromgelb durchaus nicht nach; auch in der Kattundruckerei und Seidenfärberei hat man diese Farbe anzuwenden versucht, indem man schwefelsaures Cadmiumoxyd aufdrückte und dieses durch Schwefelwasserstoffwasser oder schwefelwasserstoffsaures Schwefelkalium zersetzte; jedoch steht einer allgemeineren Verbreitung und Anwendbarkeit dieser schönen Farbe der bisherige hohe Preis derselben entgegen. Mit Chlor, Brom, Jod, Fluor bildet das Cadmium Verbindungen, welche hinsichtlich ihrer Zusammensetzung dem Cadmiumoxyd, der einzigen Oxydationsstufe dieses Metalles, entsprechen.

E. W.

Calcium (Atgew. = 266,5 Berzelius; 250,0 Erdmann und Marchand; Chem. Zeichen = Ca), ein Metall, welches 1808 von H. Davy zuerst aus der Kalkerde mittelst der voltaischen Säule dargestellt wurde. Es findet sich im oxydirten Zustande, als Kalkerde verbunden mit Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Arseniksäure, Kieselsäure in der Natur weit verbreitet vor und ist von allen Alkalimetallen das auf der Erdoberfläche in größter Menge auftretende. Das Metall wird entweder mittelst der voltaischen Säule oder durch heftiges und anhaltendes Glühen des kohlensauren Kalkes mit Kohle in der Weißglühhitze dargestellt; es ist silberweiß, oxydirt sich schnell an der Luft schon bei gewöhnlicher Temperatur, bei höherer unter Feuererscheinung, und zersetzt das Wasser unter Entwicklung von Wasserstoffgas. Das Calciumoxyd oder die Kalkerde erhält man rein durch anhaltendes Glühen des Kalkspathes, des carrarischen Marmors oder von Austernschalen im Tiegel; der unreine thonhaltige Kalk wird durch zu starkes Glühen zuweilen todt gebrannt, der völlig reine niemals. Im Großen wird der meist unreine Kalkstein (über dessen verschiedene Arten s. d. Art. Berg) entweder in dazu eingerichteten liegenden oder stehenden Kalköfen gebrannt, die in verschiedenen Ländern und je nachdem man mit Holz, Torf, Steinkohlen oder Coaks dieselben erhitzt, auf verschiedene Weise construirt sind. Frischgebrochene Kalksteine, welche noch Feuchtigkeit besitzen und noch nicht an der Luft völlig ausgetrocknet sind, lassen sich besser brennen, als wenn das Letztere der Fall ist, indem der sich erzeugende Wasserdampf auch das Entbinden und Entweichen der andern Gasart, der Kohlensäure, befördert, welche Erfahrung auch mit derjenigen in Verbindung steht, daß trockne Luft dem Kalkbrennen nicht günstig ist. Die Gewichts- und Volumensverminderung der Kalksteine durch das Brennen ist nach der Reinheit und den Structurverhältnissen derselben verschieden; gewöhnlich verlieren sie an Gewicht 45 Proc., und 10 bis 20 Proc. ihres Volumens; einzelne Kalksteine verlieren auch bis 54, andere dagegen nur 23 Proc. an Gewicht. Die reine Kalkerde ist weiß, weich und leicht zu pulvern, hat ein spec. Gew. nach Kirwan = 2,3, nach Royer und Dumas = 3,08, nach Karsten = 3,1605, nach Boullay = 3,179 und nach Richter = 3,2; sie ist im heftigsten Feuer unschmelzbar und schmilzt nur im Knallgasgebläse und in der durch starke Volta'sche Säulen erzeugten Hitze, unter Verbreitung eines schönen rothen Lichtes, meist nur an den Kanten zu einem undurchsichtigen Schmelzgas zusammen; der Kalk schmeckt laugenartig ätzend, und zerstört die thierischen Körper. Mit ungefähr $1/2$ Theil Wasser befeuchtet erhitzt sich der Kalk sehr stark; zuerst entsteht ein zischendes Geräusch, indem das Wasser in die bei dem Entweichen der Kohlensäure hinterlassenen Poren eindringt und die darin enthaltene Luft austreibt; sodann verbindet sich der Kalk mit dem Wasser zu Kalkhydrat unter allmälig steigender Temperatur, so daß die Hitze oft hinreicht, um Schwefel, Schießpulver und selbst Holz zu entzünden. Im Dunkeln zeigt sich während des Löschens des Kalkes mit wenig Wasser ein lebhaftes Leuchten. Das Kalkhydrat, der gelöschte Kalk bildet ein zartes weißes Pulver, verliert bei schwacher Glühhitze sein Hydratwasser, schmeckt nicht mehr so stark ätzend als der ungebrannte Kalk, und zieht aus der Luft stark die Kohlensäure an, ohne jedoch jemals völlig mit Kohlensäure sich zu sättigen; man erhält es krystallisirt in durchsichtigen regelmäßigen 6seitigen Säulen und 6seitigen Tafeln, wenn man Kalkwasser unter einer gutschließenden Glasglocke über Schwefelsäure langsam verdam-

pfen läßt. Bei Zusatz größerer Quantitäten von Wasser entsteht der Kalkbrei und die Kalkmilch; der Kalk löst sich nach Phillips in 656 Th. Wasser bei 0° auf, bei 15,6° in 752 Th., und bei 100° erst in 1280 Th. zu einer klaren Flüssigkeit auf, welche, schwach alkalisch reagirt, an der Luft Kohlensäure anzieht und mit einer Haut von kohlensaurem Kalke sich bedeckt. Der technische Ausdruck fetter Kalk bezieht sich auf solche Kalksorten, welche wenig (1 bis 6 Proc.) fremde Beimengungen (besonders Magnesia, Eisenoxyd, Spuren von Thon) enthalten, beim Löschen viel Wasser verschlucken und ihr Volumen bedeutend (3,2 bis 3,6 mal) vergrößern (aufgehen, gedeihen), lange schlüpfrig, gleichsam fettig bleiben und zur Bereitung des Mörtels mit viel Sand vermengt werden können; die entgegengesetzten Eigenschaften zeigt der magere Kalk, welcher 15 bis 30 Proc. Beimengungen an Magnesia, Eisenoxyd, etwas Kieselerde und Thon enthält; der hydraulische Kalk ist ein magerer Kalk, der viel Thon enthält (8 bis 25 Proc.), mit Wasser befeuchtet nicht aufgeht, sich mit Wasser nicht sehr erhitzt, aber dasselbe in bedeutender Menge verschluckt und unter Wasser nach wenigen Tagen erhärtet, weswegen er bei Wasserbauten eine wichtige Anwendung findet, dagegen an der Luft nur wenig Festigkeit und Zusammenhang erlangt. Der gebrannte Kalk wird seit den ältesten Zeiten in den verschiedensten technischen Gewerben und Künsten verwendet, vor allen Dingen zur Bereitung des Mörtels und zum Anstrich der Gebäude; außerdem bedient man sich desselben in der Seifensiederei, Bleicherei, Gerberei, Färberei, Zuckerraffinerie, Glasfabrikation, zur Darstellung vieler chemischer Präparate (kaustisches Kali, Natron, Ammoniak) ꝛc. Der Mörtel ist eine allmälig erhärtende und steinartig werdende Masse, die als Bindemittel für die Bausteine oder als Abputz dient und je nachdem er die Eigenschaft hat, an der Luft oder unter Wasser fest zu werden, Luft- oder Wassermörtel genannt wird. Der Kalkbrei verliert, der Luft ausgesetzt, allmälig den größten Theil seines Wassers, zieht Kohlensäure an, erhärtet, aber weil er zugleich sein Volumen bedeutend vermindert, erhält er Sprünge und Risse und keinen Zusammenhang; man muß demselben deswegen in dem Sande (auf 1 Th. steifen gelöschten Kalk 2 Th. gröberen oder 3 Th. feinen Sand von Quarz oder andern krystallinischen Gesteinen) eine Substanz zusetzen, zu welchem die Kalktheilchen eine größere mechanische Anziehung, Adhäsion besitzen, als zu einander; dadurch findet beim späteren Austrocknen eine nur höchst unbedeutende Zusammenziehung statt, indem die Kalkmasse zwischen den Sandkörnern in nur kleinen Mengen vertheilt ist, da der Kalk in die Poren der Bausteine eindringt und zu denselben ein großes Adhäsionsvermögen hat, welches noch durch den Druck der Masse vermehrt wird. So werden die Steine durch das allmälige Erhärten des Kalkes so fest an einander geleimt, daß sie oft selber eher zerbrechen, als daß der Mörtel losläßt, wenn man sie mit Gewalt aus einander zu reißen versucht. Es scheint sich in dem Mörtel eine Verbindung von Kalkhydrat und kohlensaurer Kalkerde zu bilden und die Kohlensäureanziehung geht so langsam vor sich, daß im Innern alter Mauern noch nach Jahrhunderten der Kalk kaustisch war; je länger der Mörtel dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzt ist, desto größere Festigkeit erlangt er durch die immer vollkommnere Bildung des harten kohlensauren Kalkes, nicht aber, wie man früher glaubte, durch eine im Laufe der Zeiten eintretende chemische Wirkung zwischen Kalk und Sand, welche im Luftmörtel nicht stattzufinden scheint. Der Wassermörtel wird entweder aus den in der Natur vorkommenden hydraulischen Kalk-

sorten bereitet oder durch Vermischung des fetten Kalkes mit verschiedenen Mineralien oder Kunstproducten, wodurch demselben die Eigenschaft ertheilt wird, im Wasser zu erhärten. Als solche Zuschläge, Cemente, dienen z. B. Puzzolan (vulkanischer Tüff = 44,5 Kieselerde, 15,0 Thonerde, 8,8 Kalk, 4,7 Magnesia, 1,4 Kali, 4,1 Natron, 12,0 Eisenoxyd und 9,2 Wasser), Traß (57,0 Kieselerde, 16,0 Thonerde, 2,6 Kalk, 1,0 Magnesia, 7,0 Kali, 1,0 Natron, 5,0 Eisenoxyd und 9,6 Wasser), Bimstein, Basalttüff, Pausilipptüff, gebrannter Basalt, Wacke, Klingstein, Thonschiefer, oder gebranntes Töpfergeschirr, Porzellankapselscherben (Chamotte), Ziegenmehl, Hohofenschlacken, gebrannter Thon rc. Die beiden ersteren Gesteine (Puzzolan und Traß) werden am häufigsten zur Darstellung des Wassermörtels benutzt, und die Menge des Zusatzes richtet sich nach der größeren oder geringeren Reinheit des Kalkes selbst. In die Classe der natürlichen hydraulischen Kalke gehören alle Thonhaltenden Kalksteine (20 bis 30 Proc. Thon) namentlich die Kalkmergel, welche oft auch noch Kieselerde und kieselsaure Kalkerde enthalten. Die chemische wie auch die physikalische Beschaffenheit der Beimengungen hat wesentlichen Einfluß auf die Güte des zu bildenden Wassermörtels, und nach derselben richtet sich auch der Hitzegrad, den man beim Brennen des hydraulischen Kalkes anwenden muß, welcher nur durch den Versuch genau gefunden werden kann. Der sogenannte römische Cement (Patentcement, englischer Cement) gehört ebenfalls in die Classe der Wassermörtel, und wurde zuerst in London verfertigt, wo ein Fossil, der sogenannte Cementstein (Kalksteinnieren aus dem London-Thon) zu seiner Bereitung verwendet wird (Zusammensetzung des Cämentsteins = 65,7 kohlensaurer Kalk, 0,5 Magnesia, 6,0 Eisenoxydul, 1,6 Manganoxydul, 18,0 Kieselerde, 6,6 Thonerde und 1,2 Wasser); der Cementstein wird gebrannt, fein gemahlen und bei der Anwendung mit Wasser angemacht und in verschiedenen Verhältnissen mit Sand gemengt; der römische Cement, welcher jetzt in vielen Ländern dargestellt wird, hat eine ziemlich gleichförmige Zusammensetzung und besteht im Allgemeinen aus 55,0 Kalk, 38,0 Thon und 13,0 Eisenoxyd. Der Wassermörtel erhärtet an der Luft schon in 12 Stunden, bekommt aber Risse und zerfällt leicht; seine langsame Erhärtung unter Wasser, binnen einiger Tage, beruht auf einem chemischen Processe, indem das Kalkhydrat die fein zertheilten Silikate von Eisenoxyd, Magnesia und besonders der Thonerde zersetzt und mit der ausgeschiedenen gallertartigen Kieselerde eine feste steinartige Verbindung eingeht, welche vom Wasser nicht weiter angegriffen wird.

Das Schwefelcalcium (CaS) wird durch Reduction des schwefelsauren Kalkes mittelst Kohle dargestellt, besitzt eine weiße, nur wenig ins Röthliche fallende Farbe, schmilzt selbst in der Weißglühhitze nicht, ist geruchlos und schmeckt schwach hepatisch; es löst sich nur sehr wenig in Wasser, zerfällt aber längere Zeit mit demselben gekocht in auflösliches Schwefelwasserstoff-Schwefelcalcium und in Kalkerdehydrat, welches sich ausscheidet. Das Fünffach-Schwefelcalcium (CaS^5) erhält man durch längeres Kochen von Einfach-Schwefelcalcium oder Kalkerdehydrat mit Schwefelpulver; die farblose Flüssigkeit setzt beim Einkochen pomeranzengelbe, durchscheinende, unregelmäßig sechsseitig-säulenförmige Krystalle von gewässertem Fünffach-Schwefelcalcium = Kalk oder sechstel schwefelwasserstoffsaurem Kalke ab = $5\,CaO,\ CaS^5 + 20\,aq.$ oder $6\,CaO,\ \dot{\dot{H}}\,S^5 + 19\,aq.$ ab. — Das Chorcalcium ($Ca\,Cl$) gewinnt man aus der Mutterlauge der Salzsoolen, sowie durch Auflösung von Kalk in Salzsäure; es scheidet sich aus der wässerigen

Lösung mit 6 At. (49,3 Proc.) Wasser verbunden, in regulären, oft gestreiften 6seitigen Säulen aus, welche Krystalle an der Luft schnell zerfließen, weit unter 100° schmelzen, bei 200° 4 At. und noch unter der Glühhitze alles Wasser unter starkem Aufschäumen verlieren; es schmeckt unangenehm salzig-bitter, löst sich im krystallisirten Zustande unter Erkältung in 1/2 Th. Wasser von 0° und in 1/4 Th. von 16°, und in Weingeist (dessen Flamme er eine röthliche Farbe ertheilt) ebenfalls leicht auf; in der Glühhitze schmilzt es zu einer durchscheinenden dichten Masse von krystallinisch-körnigem Gefüge, von 2,214 bis 2,269 spec. Gew. Das geschmolzene Chorcalcium zieht sehr begierig Wasser an und erregt mit etwas Wasser übergossen Wärme; es absorbirt auch Ammoniakgas und schwillt damit auf. Eine völlig gesättigte wässerige Lösung von Chlorcalcium kocht erst bei 179°. Das Chlorcalcium wird wegen seiner hygroskopischen Eigenschaften zum Trocknen der Gase und Flüssigkeiten verwendet (s. den Art. Analyse und Trockenapparat); ferner zur Bereitung verschiedener chemischer Präparate, das krystallisirte zur Erzeugung künstlicher Kälte (3 Theile Chlorcalcium und 2 Th. Schnee von 0° geben eine Kälte von — 36° R.), in der Steindruckerei, um das Feuchtbleiben der lithographischen Steine zu bewirken und als Düngmittel für die Felder. Das Fluorcalium kommt in der Natur als Flußspath häufig in schönen, dem regulären Systeme angehörenden Krystallen und im dichten Zustande vor, verschiedenartig gefärbt und von 3,14 bis 3,177 spec. Gew.; der Flußspath wird in großer Menge verwendet zu Darstellung der Flußsäure, zum Email für eiserne Kochgeschirre und besonders als Zuschlag beim Ausschmelzen der Kupfer- und Eisenerze. Mit Brom und Jod verbindet sich das Calcium zu dem Chlorcalcium in allen ihren Eigenschaften gleichenden Körpern.

Zu den Säuren hat die Kalkerde große Verwandtschaft, und bildet mit derselben meist neutrale, auch saure, aber selten basische Salze. Die Kalksalze sind farblos, wenn die Säure farblos ist; die auflöslichen schmecken herbe und färben, besonders das Chlorcalcium, die Spiritus- sowie die Löthrohrflamme schwach röthlich beim Entweichen des Krystallwassers; der Kalk bildet mit denselben Säuren wie der Baryt, in Wasser schwer- oder unlösliche Salze, die jedoch in verdünnter Salz- und Salpetersäure leicht sich auflösen, außer dem schwefelsauren Kalke, welcher auch in Säuren schwer löslich ist. Zu den wichtigsten Kalksalzen gehören: der kohlensaure Kalk, welcher als Kalkspath oder Arragonit in der Natur in vielfach variirenden Formen krystallisirt sich vorfindet (s. den Art. Krystallographie) und auch im dichten Zustande durch Struktur und Beimengungen von sehr verschiedenem Aussehen vorkommt (s. den Art. Berg). Der künstlich dargestellte kohlensaure Kalk bildet ein weißes Pulver, welches aus feinen mikroskopischen Krystallen besteht, und je nach seiner Bereitungsweise ein dem des Kalkspaths (2,75) oder dem des Arragonits (2,931) entsprechendes spec. Gew. besitzt. Wird der kohlensaure Kalk im verschlossenen Raume erhitzt, so daß die Kohlensäure nicht entweichen kann, so schmilzt er bei einer Temperatur, welche derjenigen, bei der er sich zersetzt, nahe liegt. — Der schwefelsaure Kalk oder Gips ($CaSO^3$) kommt in der Natur im wasserfreien Zustande als Anhydrit in rechtwinkligen 2 und 2 gliedrigen Säulen (sp. Gew. = 2,7 bis 3,0) und mit Wasser verbunden als Gips (spec. Gew. = 2,26) in schiefen 2- und 1-gliedrigen Säulen krystallisirt vor. Der Gips = Ca, SO^3 + 2 aq. (20,78 Proc. Wasser) löst sich in 460 Th. kaltem und in ebenso viel heißem Wasser auf;

er wird vielfach benutzt, im reinen körnig krystallinischen Zustande (Alabaster) zu Verfertigung von Kunstgegenständen und Bildhauerarbeiten, ganz besonders aber als wichtiges Düngmittel und nach dem Brennen zur Darstellung von Abgüssen allerlei plastischer Gegenstände. Das Brennen des Gipses, um denselben zu Gipsmörtel oder zur Verfertigung von Gipsstatuen zu verwenden, muß vorsichtig geschehen; wenn bei demselben die Temperatur über 160° steigt, so ist er todt gebrannt und hat nicht mehr die Fähigkeit Wasser aufzunehmen und dasselbe chemisch zu binden; wenn aber die Temperatur 120° bis 126° nicht überstiegen hat, bei welcher alles Wasser ausgetrieben wird, so gesteht er, wenn man ihn nach dem Pulvern mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt hat, in wenigen Augenblicken zu einer festen Masse, indem die sich bildenden Krystalle in ihren Zwischenräumen das überflüssig zugesetzte Wasser mechanisch einschließen. An feuchten Orten kann der Gips nicht angewendet werden, indem er dann seine bindende Kraft verliert; zu Verzierungen an Häusern verwendet man auch ein Gemenge von gelöschtem Kalk, Gips, feinem Sand und Wasser, indem diese Masse langsamer erhärtet als reiner Gipsmörtel und also besser sich bearbeiten läßt. Der künstliche Marmor, Stuck, Stucco wird aus schwach gebranntem Gips und Leimwasser oder einer Auflösung von Hausenblase bereitet, und die Masse mit verschiedenen Farben geadert und gebändert; die Platten oder die mit jener Masse gemachten Ueberzüge werden nach dem Erhärten mit Bimsstein oder feinem Tripel und Oel abgerieben und polirt. — Die Phosphorsäure geht mit der Kalkerde, wie mit den andern Salzbasen, in sehr verschiedenen Verhältnissen Verbindungen ein, von denen man das zweibasische Salz durch Fällung der Lösung eines neutralen Kalksalzes mit einer verdünnten Auflösung von krystallisirtem phosphorsaurem Natron erhält; es bildet sich ein krystallinischer Niederschlag, welcher nach der Formel = $2\,CaO,\ Ph^2\,O^5 + 4\,HO$ zusammengesetzt ist; wird derselbe mit wässerigem Ammoniak digerirt oder eine Auflösung von phosphorsaurem Kalke in Säuren durch Ammoniak niedergeschlagen, so bildet sich eine gallertartige, voluminöse Masse, welche aus 3 basischem phosphorsaurem Kalke besteht ($3\,CaO,\ Ph^2\,O^5$) und diese Verbindung ist es, welche als Hauptbestandtheil in den thierischen Knochen, Excrementen und Flüssigkeiten, sowie im Mineralreiche als Apatit in schönen 6seitigen Säulen krystallisirt vorkommt. Das Knochenmehl, wie die Knochenasche wird als Düngmittel in sehr bedeutender Quantität verwendet, die letztere außerdem zum Putzen von Messing, zur Bereitung von Kapellen, zum Abtreiben des Silbers im Kleinen, zur Gewinnung des Phosphors und zur Darstellung des Milchglases. Der salpetersaure Kalk (Kalksalpeter, Erdsalpeter) findet sich zuweilen aufgelöst im Brunnenwasser, wittert oft an Mauern aus, welche mit stickstoffhaltigen Dünsten oder Flüssigkeiten in Berührung stehen, kommt auch in einigen Kalksteinhöhlen vor und bildet sich in den Salpeterplantagen. Aus der wässerigen Auflösung schießt es in Verbindung mit 4 At. Wasser in 6seitigen Säulen mit spitzen Pyramiden an, welche an der Luft schnell zerfließen, in $^1/_4$ Th. Wasser und leicht in Weingeist löslich sind, einen scharfen bittern Geschmack besitzen, bei geringer Erhöhung der Temperatur das Wasser verlieren und sich dann ohne weitere Zersetzung bis zum anfangenden Schmelzen erhitzen lassen; auf glühenden Kohlen verpufft diese Verbindung nur schwach, weil sie stets viel Feuchtigkeit enthält. — Von den übrigen Kalksalzen erwähnen wir nur noch des technisch wichtigen Chlorkalkes oder unterchlorigsauren Kalkes; der pulvrige

Chlorkalk oder das Bleichpulver wird durch Sättigung des gut gelöschten Kalk mit Chlorgas bereitet, bildet ein meist feuchtes weißes Pulver mit schwachem Geruch nach unterchloriger Säure und besteht aus Ca Cl + CaO, ClO + 2 aq, aber immer ist noch mehr oder weniger Kalkhydrat unzersetzt zurückgeblieben; das Präparat muß in luftdichten Gefäßen an dunklen und kühlen Orten aufbewahrt werden; an der Luft zieht es Feuchtigkeit an und zerfließt unter Sauerstoffentwicklung und Entweichung von Chlor zu einer nicht mehr bleichenden, Chlorcalcium-haltigen Flüssigkeit; auch bei der Erhitzung verliert es sein Bleichungsvermögen, indem Sauerstoff und zuweilen auch Chlor sich entwickelt, und ein Gemenge von Chlorcalcium und chlorsaurem Kalke zurückbleibt. Die Kohlensäure der Atmosphäre zersetzt im feuchten Chlorkalke langsam den unterchlorigsauren Kalk, die unterchlorige Säure giebt ihren Sauerstoff an das Calcium im Chlorcalcium ab, wodurch das Chlor sowohl aus der Säure, wie aus dem Chlorcalcium frei wird; dieselben Processe erfolgen, nur weit rascher und energischer, wenn man eine stärkere Mineralsäure mit dem Chlorkalke in Berührung bringt. Der wässerige Chlorkalk (Bleichflüssigkeit) wird entweder durch Uebergießen des trocknen Präparates mit Wasser oder durch Hineinleiten von Chlorgas in Kalkmilch in geeigneten Apparaten bereitet; er zersetzt sich auf diese Weise wie der trockne Chlorkalk, nur ungleich schneller unter dem Einflusse des atmosphärischen Kohlenstoffes und muß deshalb nach seiner Bereitung sofort verbraucht werden. Der Chlorkalk wird in großer Menge angewendet zum Bleichen, besonders der baumwollenen Zeuge, der Leinewand (Lumpen), des Papiers, zur Zerstörung miasmatischer Stoffe rc. Von Wichtigkeit ist es, den käuflichen Chlorkalk auf seinen Gehalt an disponiblem Chlor vor seiner Anwendung zu untersuchen, zu welchem Zwecke wir auf die in dem Artikel Chlorometrie beschriebenen Methoden verweisen.

E. W.

Caliber heißt eigentlich der Durchmesser der Mündung eines Feldstückes, oder, was dasselbe, der Durchmesser des größten Kreises einer Kugel, welche in ein bestimmtes Feldstück paßt, dann aber auch der Durchmesser der Oeffnung jeder cylindrischen Röhre. Letztere kann entweder durchgäng dasselbe Caliber haben, d. h. überall von derselben Weite, vollkommen cylindrisch sein, oder sie kann in verschiedenen Theilen verschiedene Caliber, d. h. in verschiedenen Theilen andere und andere Weite haben. Bei einer cylindrischen Röhre kann nun entweder unter der Annahme, daß sie durchgängig von gleicher Weite sei, die Weite ihrer Oeffnung, die Größe ihres Calibers gesucht werden; oder es kann untersucht werden, ob die Röhre durchgängig gleiche Weite, also durchgängig dasselbe Caliber habe. Beide Untersuchungen sind in vielen Fällen unumgänglich, überall wo es auf Messungen mit Röhren ankommt. Die vorzunehmenden Operationen selbst werden das Calibriren der Röhre genannt.

Um den Durchmesser der Oeffnung einer Röhre zu finden, bedient man sich bei weiteren Röhren des Zirkels; die größte Weite der Mündung giebt dann das Caliber der Röhre an. Bei etwas engern Röhren kann man in die Oeffnung einen Holz- oder Papierstöpsel genau einpassen, und an diesem dann die Weite der Röhre ermessen. Doch ist diese Art der Untersuchung immer sehr ungenau, schon darum, weil doch immer alles Holz oder Papier elastisch ist. Bei Haarröhrchen läßt sich keine der angeführten Beobachtungsarten anstellen, weil die Oeffnung zu

klein ist. Man bedient sich daher besser, nach Dutour*) und Gay-Lussac**), folgender Methode.

Zuerst wiege man das leere Röhrchen, fülle dann in dasselbe ein wenig Quecksilber, so daß sich im Röhrchen ein Quecksilbercylinder darstellt, und wiege das Röhrchen abermals. Der Unterschied des letzten und des vorhergehenden Gewichts des Röhrchens giebt das Gewicht des Quecksilbercylinders. Da das specifische Gewicht des Quecksilbers bekannt ist, so kann aus dieser Angabe des Gewichtes G des Quecksilbercylinders der Cubikinhalt desselben gefunden werden. Wenn nämlich m das Gewicht eines bestimmten Maßes, z. B. eines Cubikzolles Quecksilber ist, so ist $\frac{G}{m}$ der Cubikinhalt des Cylinders nach dem angenommenen Maße (in diesem Falle also nach C. Z.). Der Cubikinhalt jedes Cylinders ist aber bekanntlich $= \pi r^2 h$, wo π die gewöhnliche Bedeutung (3,1415) hat, r den Halbmesser des Kreises, welcher die Grundfläche des Cylinders darstellt, und h die Höhe des Cylinders bedeutet. Nun kann h durch Messung der Länge des Quecksilbercylinders mittelst des Zirkels gefunden werden, also ist in dem Ausdrucke

$$\frac{G}{m} = \pi r^2 h$$

G, m, π, h bekannt und r unbekannt.

Es folgt aber aus der letzten Gleichung:

$$r = \sqrt{\frac{1}{m\pi}} \cdot \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Welches nun auch in jedem einzelnen Falle die Weite des Röhrchens und die Länge des Quecksilbercylinders sein mag, immer bleibt m dieselbe unveränderte Größe, ebenso π, und man kann ein für allemal die Ausziehung der Quadratwurzel an diesen Größen vornehmen. m ist aber von verschiedener Größe für die verschiedenen Maße, die man zu Bestimmung des Gewichtes und des Cubikmaßes annimmt. Für h in rheinl. Zoll und G in Granen Med. Gew. ist

$$r = 0,0090162 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für Par. Zoll und Grane Med. Gew. ist

$$r = 0,008563 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für engl. Zoll und Grains Troy-Gewicht ist

$$r = 0,009615 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

Für neufranz. Maß in Grammen und Decimeter ist

$$r = 0,1531 \sqrt{\frac{G}{h}}.$$

So ist der Halbmesser r des Kreises, welcher die Grundfläche des Quecksilbercylinders macht, gefunden und mithin auch das Caliber des Röhrchens, da der Durchmesser als das Doppelte des Halbmessers bekannt ist. Genau genommen ist zwar die Quecksilbersäule im Röhrchen kein wahrer Cylinder, indem die Grundflächen desselben keine wirklichen Ebenen, sondern Kugelflächen sind; wenn man aber

*) Journ. de Phys. T. XI. p. 177.

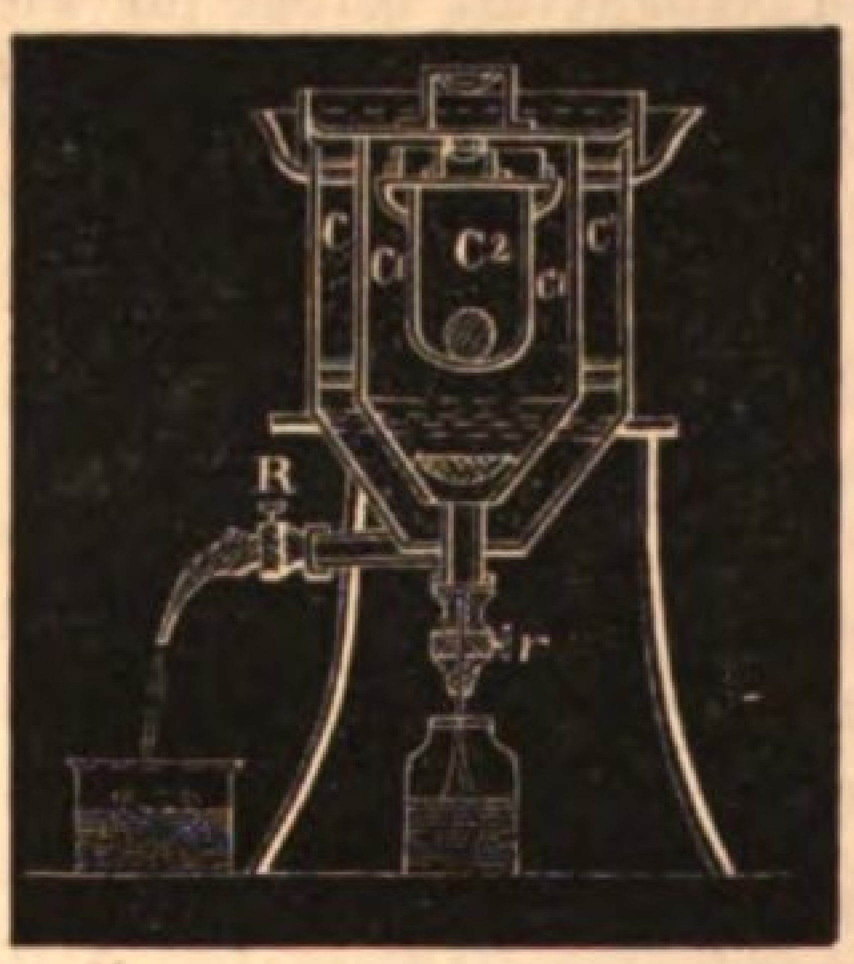
**) Biot traité T. I. p. 440.

die Quecksilbersäule nicht zu kurz nimmt, so kann man diesen Umstand vernachlässigen, oder bei der Messung der Länge nach dem Augenmaß corrigiren, ohne daß man einen merklichen Fehler begehen wird.

Wie man, namentlich bei Glasröhren, untersucht, ob sie durchgängig von gleichem Caliber sind, welches ebenfalls calibriren genannt wird, ist unter dem Art. Barometer angegeben worden. Ueber das Calibriren von sehr engen Röhren, namentlich zu Thermometern, s. d. Art. Thermometer.

Calibriren, s. Caliber.

Calorimeter (v. d. lat. calor Wärme und dem griech. *μέτρον* Maß) wird ein Instrument genannt, welches bestimmt ist die von einem Körper ausgehende Wärme zu messen. Das von Lavoisier u. Laplace angegebene Instrument beruht darauf, daß eine gewisse Quantität Wärme erforderlich ist, um eine gewisse Quantität Eis in Wasser umzuwandeln. Da verschiedene Körper verschiedene Quantitäten Wärme gebrauchen, um ihre Temperatur um 1° zu erhöhen, so schreibt man ihnen verschiedene Wärmecapacitäten zu (s. d. Art. Wärme) und das Calorimeter dient, diese Wärmecapacitäten zu bestimmen. Bringt man nämlich einen erwärmten Körper von bekannter Temperatur T in Eis von 0° Temperatur, so nimmt er allmälig die Temperatur des Eises an und giebt gleichzeitig diejenige Quantität Wärme, welche dazu gehört, ihn auf seiner Temperatur T zu erhalten, an das ihn umgebende Eis ab, welches dieselbe verbraucht, um sich zum Theil in Wasser von 0° Temperatur zu verwandeln. Man wird also nur die Quantität des erzeugten Wassers zu messen brauchen, um die Wärmecapacität des betreffenden Körpers berechnen zu können, da man weiß, welche Quantitäten Wärme dazu gehören, um Eis in Wasser zu verwandeln. Das von Lavoisier und Laplace angegebene Instrument besteht aus drei Gefäßen, welche einander umschließen, C, C_1 und C_2.



Das größte C hat ein Rohr R zum Abfließen des Wassers, und ebenso das mittlere C_1 das Rohr r, über dem zugleich im Boden dieses zweiten Gefäßes ein Sieb befindlich ist. In diese beiden äußern wird zerstoßenes Eis gelegt, und zwar in das äußere, um die Wärme der äußern Luft zu absorbiren, in das mittlere aber, um durch die Wärme des in das kleinste innerste Gefäß gelegten Körpers zum Theil geschmolzen zu werden. Nachdem der erwärmte Körper in das Gefäß C_2 gelegt ist, wird schnell der Deckel aufgelegt und mit Eis belegt. Nun wird die Zeit abgewartet, bis der erwärmte Körper die Temperatur 0° erlangt hat, alles bis dahin durch das Rohr r aus dem mittleren Gefäße abfließende Wasser gesammelt, und aus dessen Menge die Wärmecapacität des untersuchten Körpers berechnet. Ist C die Capacität desselben, T seine anfängliche Temperatur, M seine Masse und s die specifische Wärme des Wassers, so ist die Wärmemenge, welche der Körper hatte, $= MTCs$. Werden nun N Pfund Eis von 0° Temperatur geschmolzen, so ist die Zahl N zugleich die zum Schmelzen derselben nothwendig gewesene Wärmemenge, und daher $N = MTCs$, woraus sich ergiebt $C = \frac{N}{MTs}$. Ist aber der zu untersuchende Körper flüssig, so muß auch die Wärmemenge des Gefäßes mit in Berechnung gebracht

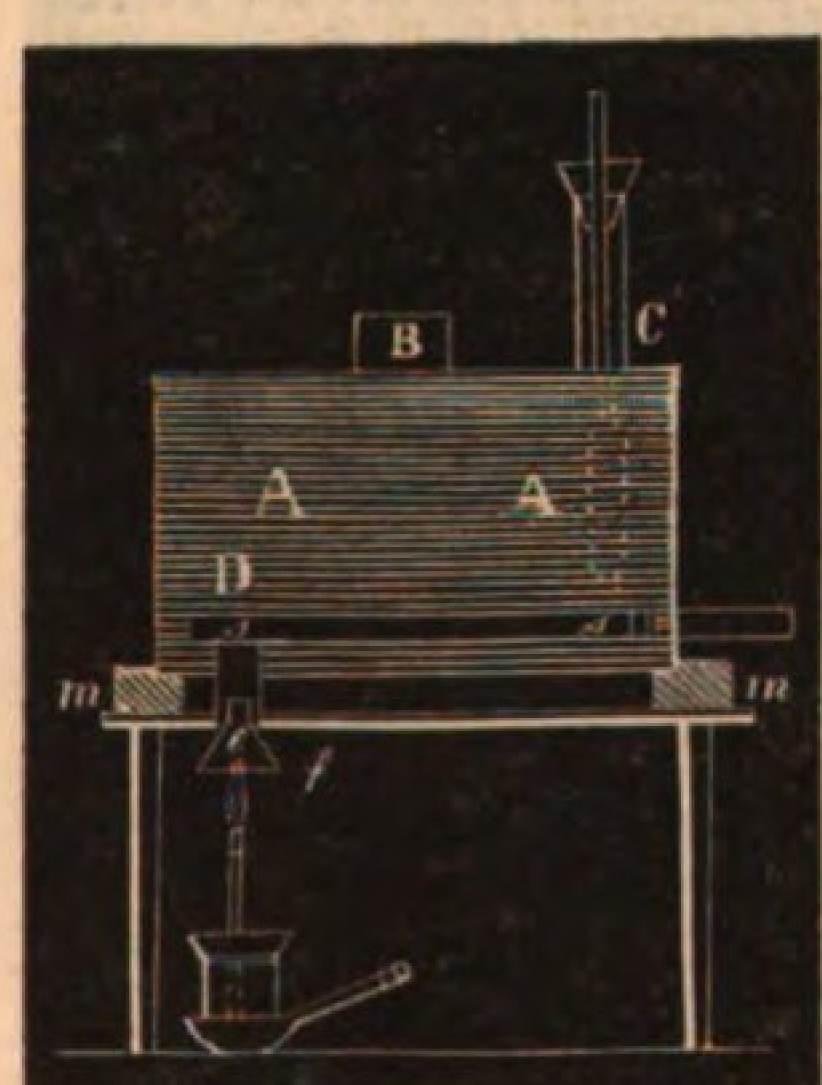
und von der ganzen Wärmemenge abgezogen werden. Man stellt deshalb den Versuch erst mit der Flasche oder dem sonstigen zur Aufnahme der Flüssigkeit bestimmten Gefäße an. Bedeuten für diese m, c und t dasselbe, als M, C und T für den zu untersuchenden Körper, so ist die Wärmemenge derselben mcst. Die Wärmemenge der Flüssigkeit und der Flasche zusammen haben aber zusammen N′ Pfund Eis geschmolzen; es ist also $N' = MCT + mct$, und hieraus folglich

$$C = \frac{N' - mcst}{MTs}.$$

Bei Anstellung dieser Versuche hat man besonders darauf zu achten, daß das angewandte Eis keine niedrigere Temperatur als 0° habe, damit nicht ein Theil der Wärme des Körpers verbraucht wird, um das Eis bis auf 0° zu erwärmen, daß die Temperatur des Zimmers, worin experimentirt wird, nur sehr wenige Grade über Null sei, indem es unvermeidlich, daß etwas Luft mit in das Calorimeter eindringt, und durch ihre Abkühlung die Menge des geschmolzenen Eises zu merklich vermehrt, und daß man die ganze Menge des geschmolzenen Eises erhalte. Dies Letzte ist sehr schwer genau zu bewerkstelligen, indem sich stets noch Wasser zwischen dem zerstoßenen Eise befindet. Man sucht dies einigermaßen zu gewinnen, indem man den Apparat einige Zeit vor dem Versuche in das Zimmer bringt. Es wird dann durch die Wärme der Luft etwas Eis schmelzen, und jedes Stück desselben sich mit einer Wasserschicht überziehen. Um aber ein nicht zu hohes Resultat wieder zu erhalten, darf die Menge des Eises nicht zu stark vermindert werden, indem sonst weniger Wasser zurückbleibt, als vorher darin war, und die in den leer gewordenen Raum eindringende Luft auch ihre Wärme abgiebt. Man wendet auch wohl ganz einfach ein Stück Eis an, in das man ein Loch zur Aufnahme des zu untersuchenden Körpers gemacht hat, welches man mit einem Stück Eis zudeckt, wo dann diese letzten Fehler nicht eintreten können.

Man kann das Loch in das Eis am besten mit einem heißen Eisen bohren, muß aber dann das Eisstück sorgfältig abtrocknen und an einen kühlen Ort bringen. Vor dem Versuche überzeugt man sich, daß es die Temperatur 0° hat.

Das von Rumford *) angegebene Wasser-Calorimeter kann dazu benutzt werden, um die Wärmecapacität der Gase zu bestimmen. Dasselbe besteht in einem Kästchen AA aus dünnem Kupfer oder aus Weißblech von 8 Zoll Länge, 4,5 Zoll Breite und ebenso viel Höhe. In demselben befinden sich drei kreisförmige Oeffnungen in B, C und D, in welche cylindrische Röhren eingelöthet sind. Die erstere im Mittelpunkte des Deckels dient, um das Kästchen mit Wasser zu füllen, und wird mit einem Korkstöpsel verschlossen; in die zweite engere Oeffnung bei C wird durch einen durchbohrten Kork ein cylindrisches Thermometer gesteckt; die dritte bei D empfängt die Einmündung der Kühlschlange ss, welche das Wesentliche dieses Apparates ausmacht. Dieselbe ist von sehr dünnem Bleche, ihr Querschnitt ist nicht kreisförmig, sondern bildet ein Rechteck von $1/2$ Zoll Höhe und $1^1/_2$ Zoll Grundlinie am Eingang und 1 Zoll am Ende der Schlange. Sie

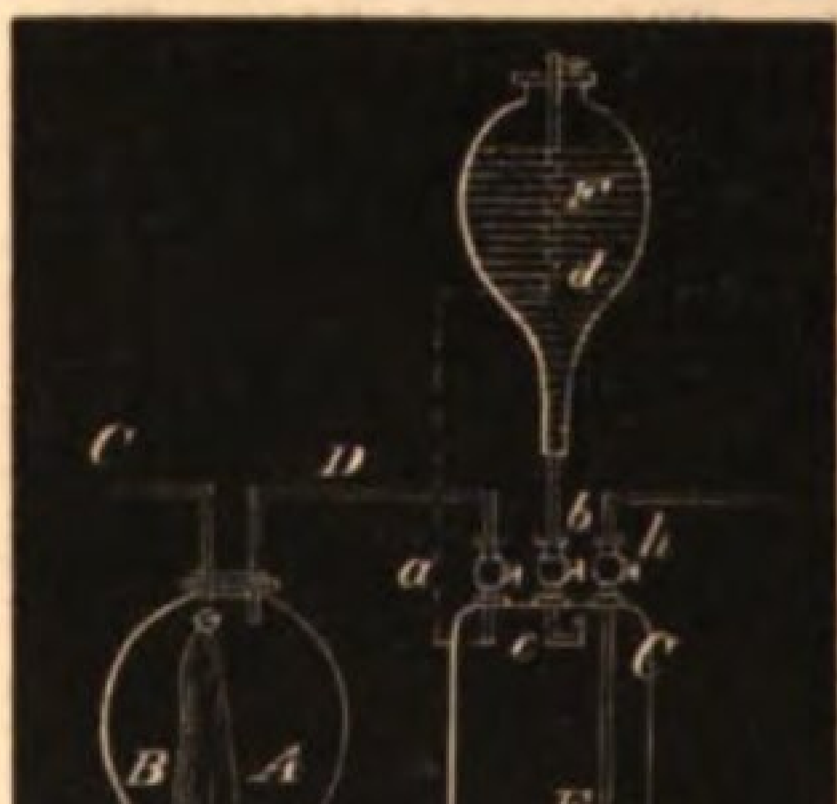


*) Nicholsons, Journ. Jan. 1812. Gilb. Ann. Bd. XLIV. S. 1.

macht in horizontaler Ebene mit halbkreisförmiger Wendung drei Gänge durch das Kästchen, und steht vom unteren Boden überall zwei Linien weit ab. Bei D ist sie mit einem Cylinder e von 1 Zoll Durchmesser und 1 Zoll Länge verbunden, in welchen der umgekehrte Trichter f hineingesteckt wird, bestimmt, die Wärme verbrannter Stoffe aufzufangen. Das Kästchen AA ist an seinem Rande in einen hölzernen Rahmen mm eingelassen, der auf vier dünnen Füßen steht, um jeden Abzug von Wärme durch Berührung so viel als möglich zu verhindern. Das Gefäß des bei C eingesteckten Thermometers ist ein Cylinder von dünnem Glase, zwei Linien weit und 4 Zoll hoch, so daß er die Temperatur der verschiedenen Wasserschichten vereint angiebt.

Um mit diesem Instrumente die Wärmecapacität eines Gases zu bestimmen, leitet man das erhitzte Gas mittelst des Schlangenrohrs durch die im Gefäß AA enthaltene Flüssigkeit, und beobachtet die Temperatur der Flüssigkeit, wenn sie stationär geworden ist. So viel Wärme das Gas an das Calorimeter abgiebt, ebenso viel verliert dieses dann an die atmosphärische Luft. Es kommt hier vorzüglich darauf an, einen ganz gleichförmigen Gasstrom durch die Flüssigkeit zu leiten, und ihre Temperatur, nachdem sie stationär geworden, genau zu bestimmen.

Den gleichmäßigen Strom bewirkten Laroche u. Berard *), welche sich dieses Instrumentes bei ihren Versuchen bedienten, durch folgende Einrichtung. Das Gas, dessen Capacität untersucht werden soll, findet sich in der Blase, die im Ballon B sich befindet. Die Blase steht durch das Rohr C in Verbindung mit dem Schlangenrohr des Calorimeters, und das Gas tritt in dasselbe ein, nachdem es vorher durch ein 1^{m} langes Stück der Röhre C gegangen ist, das von einer weitern mit siedend heißem Wasser angefüllten umgeben ist. Um aber das Gas aus der Blase zu treiben, steht der Ballon B durch die mit einem Hahn a verschließbare Röhre D mit dem Gefäß E in Verbindung. Ueber letzterm befindet sich das Gefäß F, dessen Deckel zwei Oeffnungen hat, eine, die luftdicht durch einen Pfropf verschlossen werden kann, und eine zweite, durch welche eine an beiden Enden offene Röhre d fast bis auf den Boden des Gefäßes F hindurch geht. Wird nun dieses Gefäß F mit Wasser gefüllt, während E und B Luft enthalten, so beginnt nach dem Oeffnen der Hähne a und b das Wasser mit einer der constanten Druckhöhe entsprechenden Geschwindigkeit durch c abzufließen, treibt die Luft aus E nach B, und veranlaßt so einen Druck auf die Blase, welcher das Gas zum Ausströmen durch C zwingt. Um das Gas nun wiederholt gebrauchen zu können, wird es in eine zweite Blase, die sich unter ganz ähnlichen Umständen, wie die erste befindet, geleitet, und aus dieser dann nach A zurück.



Calorimotor, s. Kette.

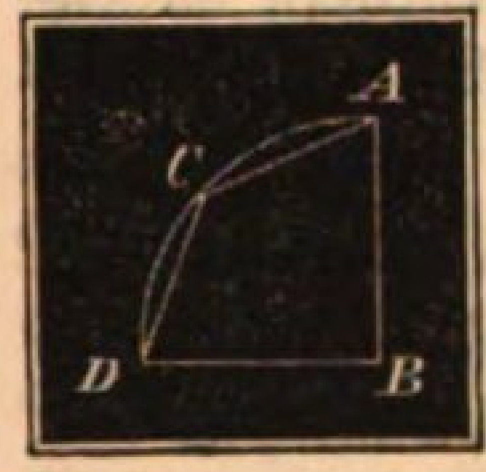
Camera clara, s. Camera obscura.

---

*) Journ. de phys. T. LXXVI. p. 155.

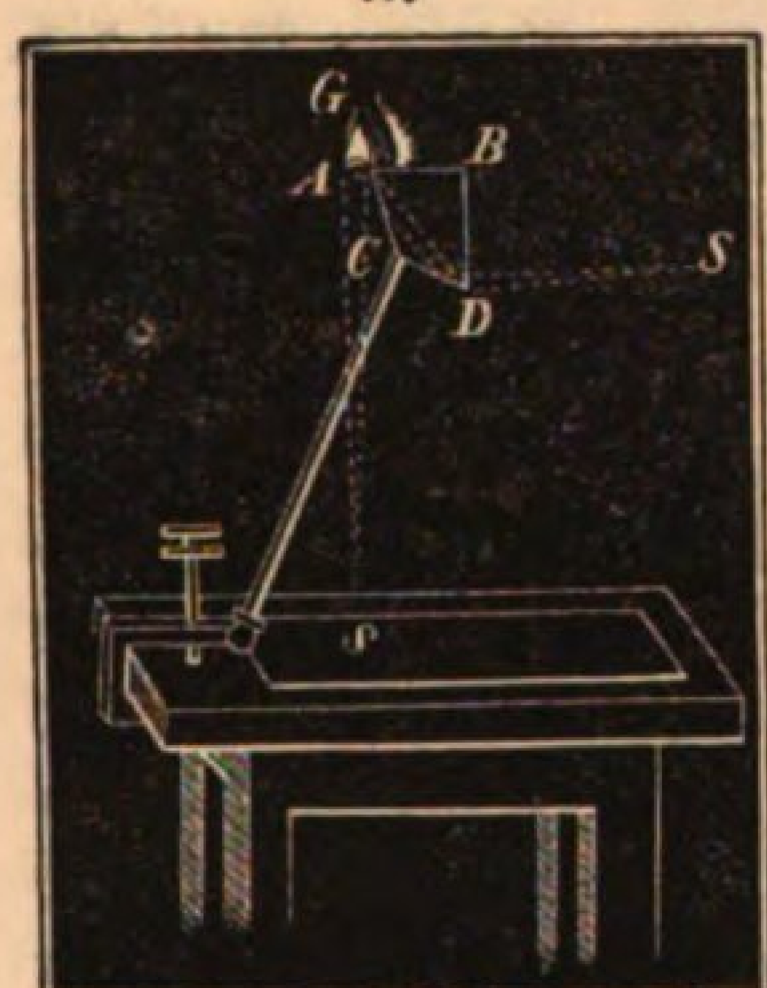
Camera lucida (lat.), lichte Kammer; (franz. chambre claire) ist ein 1809 von Wollaston *) erfundenes Instrument, welches dazu dient, auf bequeme Weise Landschaften und dergleichen schnell zu zeichnen, und das sich von der Camera obscura namentlich durch den Mangel eines dunklen Kastens, innerhalb dessen das Bild erscheint, unterscheidet. Baumgartner **) giebt von derselben nachstehende Beschreibung.

I.



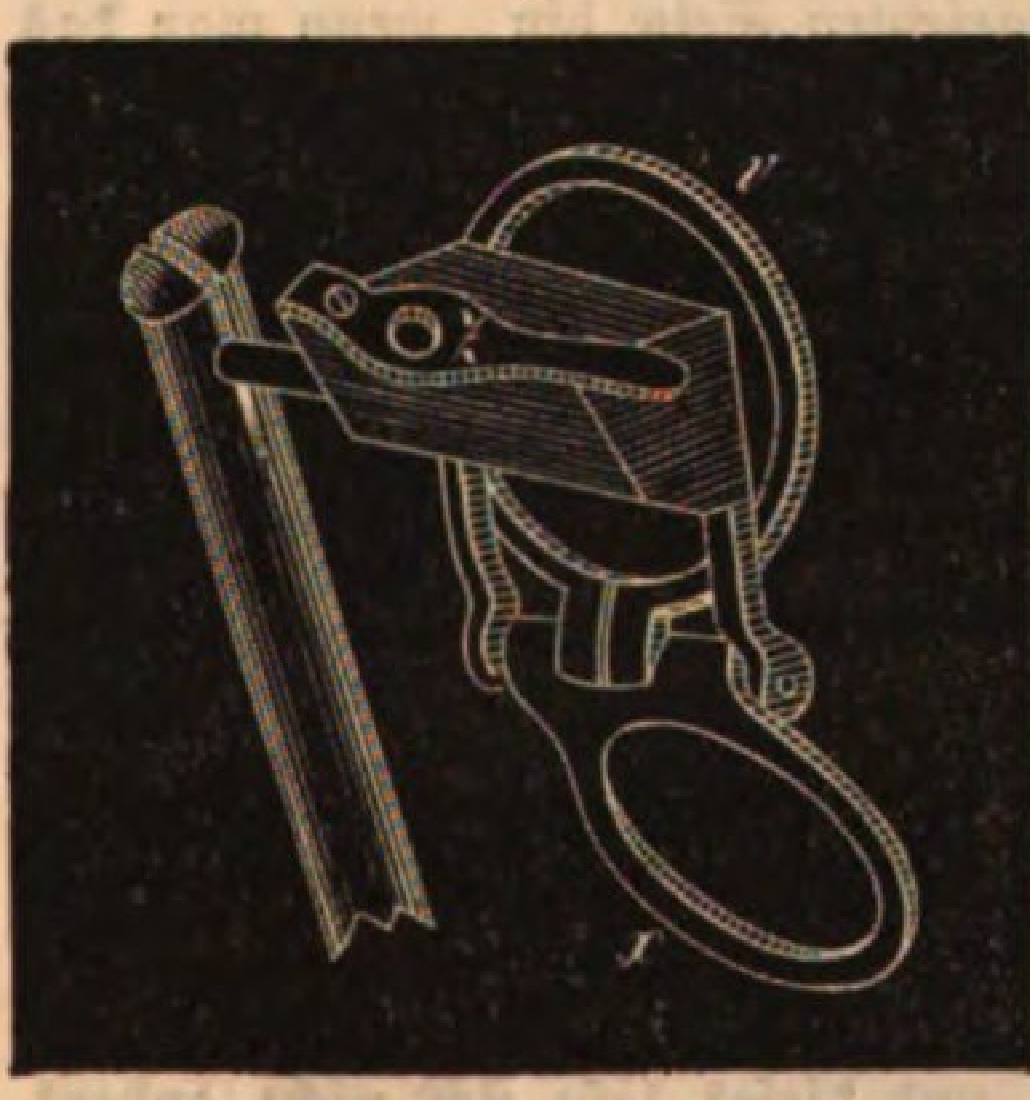
Die Camera lucida besteht aus einem Glasprisma ABDC, Fig. I., welches man mit den gehörigen Winkeln dadurch erhält, daß man mit dem Halbmesser AB den Quadranten AD beschreibt, ihn in C in zwei gleiche Theile theilt und die Sehnen AC und CD zieht. Das Viereck ABDC giebt dann den senkrechten Durchschnitt des gläsernen Prismas, das hinreichend groß ist, wenn die Höhe BA = $^1/_2$ Zoll und die Länge 1 Zoll beträgt. Die beim Gebrauche wagrechte Fläche AB wird mit einer geschwärzten Platte bedeckt, die einen ganz kleinen Ausschnitt hat, um das Licht durchzulassen; das Ganze ist mit einem Postamente versehen, wie Fig. II. zeigt. Ist S ein leuchtender Gegenstand, der Licht auf CD sendet, so wird davon ein Theil nach AC und von da nach G reflectirt, so daß er in das in G befindliche Auge kommt. Man sieht daher S in s. Befindet sich nun in s ein weißes Papier, so kann wegen der Kleinheit des Instrumentes auch von diesem Licht ins Auge kommen und man wird zugleich den Gegenstand S und das Papier, und zwar jenen auf diesem so sehen, daß man ihn nachzeichnen kann.

II.



Die von Wollaston seinem Instrumente gegebene Einrichtung stellt die nebenstehende Fig. III. dar. Es sind hier noch eine Deckplatte (der Augenführer) und zwei Gläser mit der Linse verbunden. Die Deckplatte Z dient mit ihrer Oeffnung, um das Auge in seiner Stellung zu fixiren und um die Menge des Lichtes, welches vom den abzuzeichnenden Gegenstande (durch Reflexion) und von dem Papiere (direct) in das Auge kommt, zu reguliren. Sie ist mit Hülfe des rechts stehenden Stieles um eine Schraube an ihrem anderen Ende drehbar. Das Auge muß so stehen, daß die obere Schneide des Prismas nur von einem Theile der Pupille die Strahlen des hinter dem Prisma befindlichen Gegenstandes abhält. Durch das Prisma hindurch kann man das Papier nicht sehen; man muß also mit einem Theile der Pupille neben

III.



---

*) Gilb. Ann. Bd. XXXIV. S. 353.
**) Naturlehre. Aufl. VIII. S. 676.

dem Prisma vorbei sehen. Demgemäß wird der Augenführer so zu stellen sein, daß die scharfe Kante des Prismas seine Oeffnung ungefähr halbirt. v ist ein Concavglas, welches Kurzsichtige vor der Linse anbringen, um besser zu sehen; x dagegen ein Converglas für Weitsichtige, damit sie die Spitze der Bleifeder besser erkennen, und welche also horizontal unter dem Instrumente angebracht werden muß. So gelingt es unter allen Verhältnissen gleich gut, die Bleistiftspitze und das zu zeichnende Bild zu sehen. Um die Größe des Bildes zu bestimmen, muß man die Entfernung des Prismas von Tische und von dem darzustellenden Gegenstande reguliren. Später hat man für Kurzsichtige sogleich die obere Fläche des Prismas concav geschliffen *).

Da der Gebrauch der Camera lucida wegen der Subtilität des Instrumentes für den noch nicht Geübten einige Schwierigkeiten hat, so führe ich noch Einiges aus einer Anweisung von Bate **) über diesen Gebrauch an. Wenn man eine Gegend mit der Camera lucida aufnehmen will, so muß man das Instrument auf einen Tisch oder ein Bret, auf welchem sich das Zeichenpapier befindet, und die in unverrückter Lage bleiben, so feststellen, daß sich das Prisma über der Mitte des Papiers befindet. Die offne Seite des Prisma muß nach dem abzuzeichnenden Gegenstande hin gerichtet, und die schwarze bewegliche Blendung (der Augenführer) zu oberst und horizontal sein. Man dreht sie um den festen Stift, an welchem sie sitzt, bis das in ihr befindliche Loch von dem scharfen Rande des Prismas in ungefähr zwei gleiche Theile getheilt erscheint. Bringt man dann das Auge dicht an das Loch und sieht senkrecht nach dem Papier herunter, so erblickt man auf demselben eine vollkommene Abbildung der Gegend; und dieses Bild wird größer oder kleiner, je nachdem man die Entfernung des Prismas von dem Papiere vergrößert oder verkleinert. Der Zeichner muß alsdann den Augenführer ein wenig nach sich hindrehen, bis er die Gegend nur schwach aber doch noch deutlich, und die Spitze des Bleistifts, mit der er die Zeichnung machen will, recht scharf sieht. Bleibt der ganze Apparat unverrückt in dieser Lage, und das Auge wird ein wenig vorwärts, nach dem Prisma zu, bewegt, so verlängert sich die Abbildung nach dem Zeichner zu; dasselbe geschieht nach der entgegengesetzten Seite hin, wenn man das Auge ein wenig zurück, nach dem Zeichner zu, bewegt. Auf diese Art läßt sich ohne alle Schwierigkeit auf dem Papiere das zurückgeworfene und deutliche Bild aller Gegenstände zeichnen, die innerhalb eines Gesichtswinkels von 45°, von oben nach unten gerechnet, liegen. Bewegt man das Auge rechts und links, so läßt sich ebenfalls ein horizontaler Gesichtswinkel von 80° erhalten, eine Ausdehnung, die in jedem Falle völlig ausreicht. Findet man, während man den Umrissen des reflectirten Bildes auf dem Papiere mit dem Zeichenstifte nachgeht, daß wegen des zu hellen Lichtes der Gegenstände der Zeichenstift zu wenig sichtbar wird, so läßt sich diesem sogleich dadurch abhelfen, daß man das Auge ein wenig nach der Seite des Zeichners zu verrückt. Im entgegengesetzten Falle, wenn die Gegenstände zu dunkel werden, braucht man das Auge nur ein wenig vorwärts zu bewegen. Es muß überhaupt immer der Rand des Prismas auf der Spitze des Zeichenstifts und dem Gegenstande, den man zeichnet, erscheinen; und dieses läßt sich nicht anders bewirken, als indem man den Kopf nach entgegengesetzter Richtung als den Zeichen-

*) Gilb. Ann. Bd. XXXVI. S. 74.

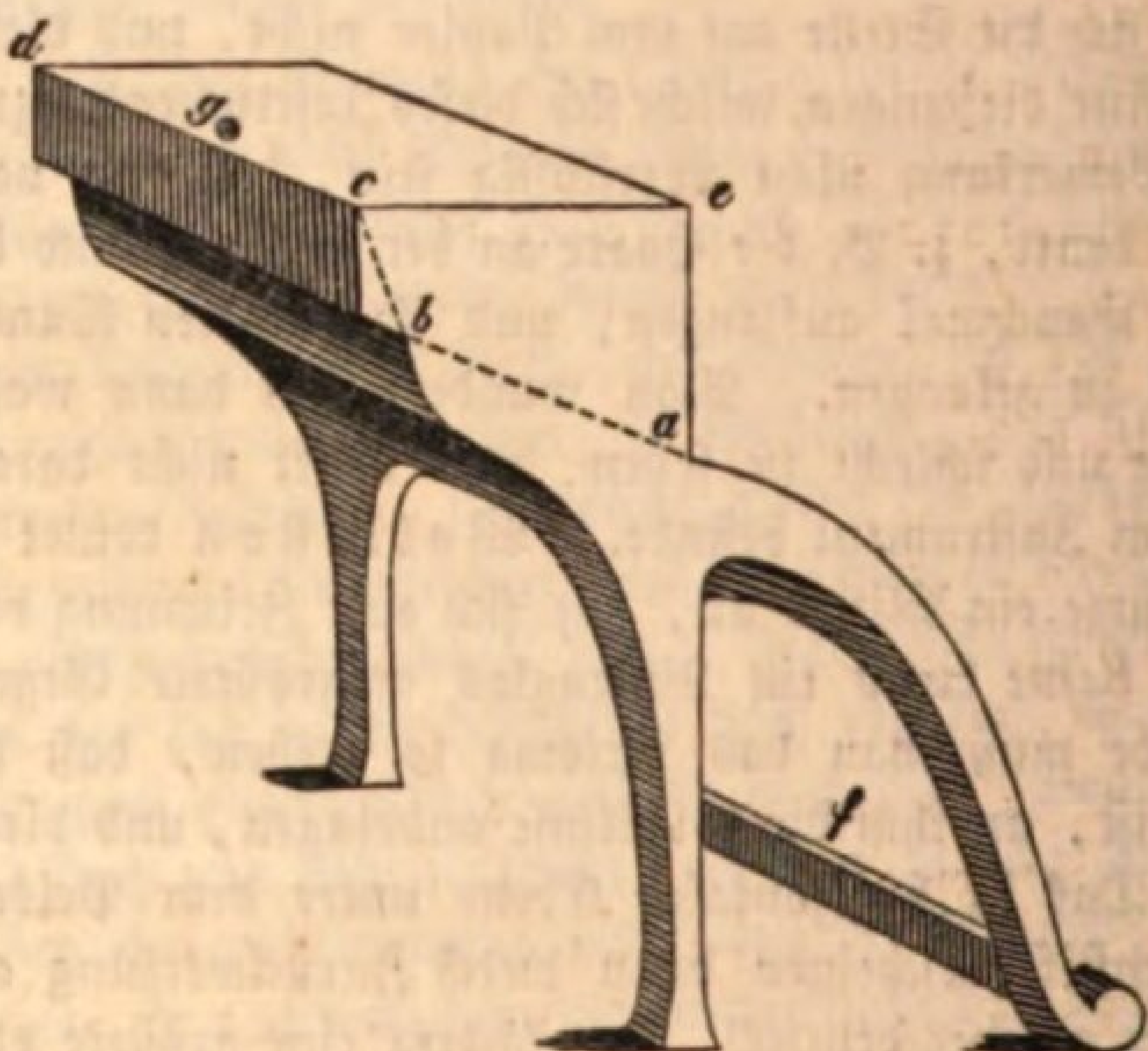
**) Nicholsons Journ. Octob. 1809. Gilb. Ann. Bd. XXXVI. S. 83.

stift bewegt, und überhaupt das Auge in alle Lagen bringt, in welchen der Gesichtsstrahl, der von der Spitze des Bleistifts und dem zu zeichnenden Theile des Umrisses ausgeht, dicht bei dem Rande des Prismas vorbeigeht. Es kann sich beim Zeichnen eines sehr nahen oder eines sehr hohen Gegenstandes ereignen, daß, wenn man das Bild bis an die obere Grenze des Papiers verfolgt, man dort ein Bild durch einfache Reflexion erhält, das farbig und verkehrt erscheint. Man muß dann das Gesichtsfeld vergrößern, indem man das Prisma um seine horizontale Axe so dreht, daß die vordere Fläche desselben ein wenig hinterwärts, und folglich die mit der Blendung bedeckte Fläche um ebenso viel herabwärts geneigt wird. Dieses läßt sich ohne Nachtheil thun: denn so lange das Prisma keine andere Bewegung hat, als diese, verändert sich die Stelle auf dem Papier nicht, und dieses ist ein sehr wesentlicher Vortheil. Für diejenigen, welche sich dieses Instrumentes zum ersten Mal bedienen, wird die Bemerkung nicht überflüssig sein, daß sehr nahe Gegenstände, an welche man nicht denkt, z. B. die Haare an der Stirne, und besonders der Hut, die Lichtstrahlen manchmal auffangen, und sie abhalten können, zu der Vorderfläche des Prismas zu gelangen. Man wundert sich dann wohl, nichts, oder alle Gegenstände trübe und schlecht zu sehen, und denkt nicht daran, daß sich ein undurchsichtiger vor dem Instrument befinde. Wollaston deutet in seiner Beschreibung ganz in der Kürze ein Mittel an, wie sich eine Zeichnung vergrößern läßt: wenn man nämlich kleine durch ein Linsenglas vergrößerte Gegenstände nachzeichnet. Zu dem Ende muß man das Prisma so drehen, daß der Augenführer in der Verticalebene ist, an ihm die Glaslinse anbringen, und direct nach dem Gegenstande hinsehen. Das in horizontaler Ebene unter dem Prisma befindliche Papier und der Zeichenstift erscheinen dann durch Zurückwerfung auf dem Grunde des Objects mehr oder minder deutlich, je nachdem eine größere oder kleinere Fläche des Prismas vor die Pupille gebracht wird. Man kann sich in diesem Falle auch eines zusammengesetzten Mikroskops bedienen. Es ist indessen noch bequemer, wenn man dasselbe brauchen will, dem Augenführer die horizontale Lage zu lassen, und das Mikroskop ebenfalls horizontal vor dem Prisma zu stellen, so daß das Augenglas desselben sich dicht vor der Vorderfläche des Prismas befindet. Auf dieselbe Art läßt sich ein Teleskop oder ein gewöhnliches Fernrohr mit der Camera lucida verbinden, indem man das vorderste Ocular dicht an die Vorderfläche des Prismas stellt. Man sieht dann auf dem Papiere das vergrößerte Bild eines entfernten Gegenstandes und kann die Umrisse desselben aufzeichnen.

Zur Erläuterung des von ihm angegebenen Instrumentes hatte sich Wollaston auf die Reflexion eines Lichtstrahles durch zwei gegen einander geneigte Spiegelplatten bezogen. An der Stelle zweier solcher Spiegelplatten setzte er dann die beiden einen stumpfen Winkel einschließenden beiden Flächen seines Prismas, und zwar darum, weil die brechende Kraft des Glases so groß ist, daß wenn ein Lichtstrahl, der in ein massives Stück Glas hineingetreten ist, um wieder hinaus zu treten, auf eine der Oberflächen so auffällt, daß er gegen dieselbe unter einem Winkel von nur 22 bis 23 Grad geneigt ist (mit dem Einfallslothe also einen Winkel von 67° bis 68° macht), das Glas kein Lichttheilchen durch diese Oberfläche hinaustreten läßt, sondern den ganzen Strahl zurückwirft, so daß die Oberfläche in diesem Falle zu dem hellsten und lichtstärksten Reflector wird, den man nur finden kann. Da indeß die Behandlung des Prismas dem im Gebrauche desselben Ungeübten viel Schwierigkeiten machte, so ist man wiederholt auf Einrichtungen der

Camera lucida zurückgekommen, bei denen man die beiden spiegelnden Flächen, welche Wollaston nur zur Erklärung seines Instrumentes anführt, an der Stelle des Prismas setzte.

Lüdicke *) gab dem Instrumente folgende Einrichtung; die Zeichnung stellt dasselbe im vierten Theil seiner Größe dar. Der aus feiner Pappe verfertigte Kasten enthält nach der Richtung a b einen reinen und gut geschliffenen Spiegel von dünnem Glase, und nach der Richtung b c ein sehr dünnes gut geschliffenes ebenes Glas. Die Decke kann bei c d aufgehoben und zurückgeschlagen werden, um Spiegel und Glas zu reinigen, und enthält bei g die Oeffnung für das Auge, unter welcher ein Hohlglas von 7 Zoll Zerstreuungsweite liegt, welches man nach Beschaffenheit der Augen verändern kann. Die ganze Höhe des Instruments beträgt 7 Zoll. Die beiden Vorderfüße sind unten mit einer Leiste f verbunden, welche ein Bleigewicht von etwa 1/4 Pfund enthält, damit der Schwerpunkt des Ganzen innerhalb der 4 Füße liegt. Wenn man das Auge bei g anbringt, so sieht man durch zweimalige Reflexion den Gegenstand und durch die Glasplatte hindurch das Papier. Das Instrument hat aber den Fehler,



daß ein Theil des auf die Glasplatte fallenden Lichtes nicht an der Oberfläche reflectirt wird, sondern in die Glasplatte eindringt und von der Rückwand derselben reflectirt wird. Sind die beiden Oberflächen der Glasplatte nicht genau parallel, so entsteht eine Verdoppelung des Bildes, welche den Apparat unbrauchbar macht. Amici **) hat eine ähnliche Einrichtung der Camera lucida vorgeschlagen. Während aber Lüdicke zur möglichsten Vermeidung jenes Fehlers will, daß man die Glasplatte so dünn als möglich nehmen soll, giebt Amici den Rath, entweder die Rückseite der (beträchtlich dicken) Glasplatte, da wo die zweite Reflexion stattfindet, matt zu schleifen, das Glas aus zwei flachen Prismen zusammen zu setzen, welche man dann so gegen einander neigen kann, daß das zweite der durch Reflexion gebildeten Bilder nicht störend auf das Auge wirkt. Amici hat auch drei andere Einrichtungen der Camera lucida angegeben.

Sömmering ***) brachte hinter einem Mikroskop einen ganz kleinen Spiegel an, welcher nur etwa die Größe einer Erbse hatte und aus einem gut polirten Stahlplättchen bestand, das die Deckplatte der Unruhe einer Taschenuhr gewesen war. Dieses Spiegelchen war unter einem Winkel von ungefähr 45° geneigt, und

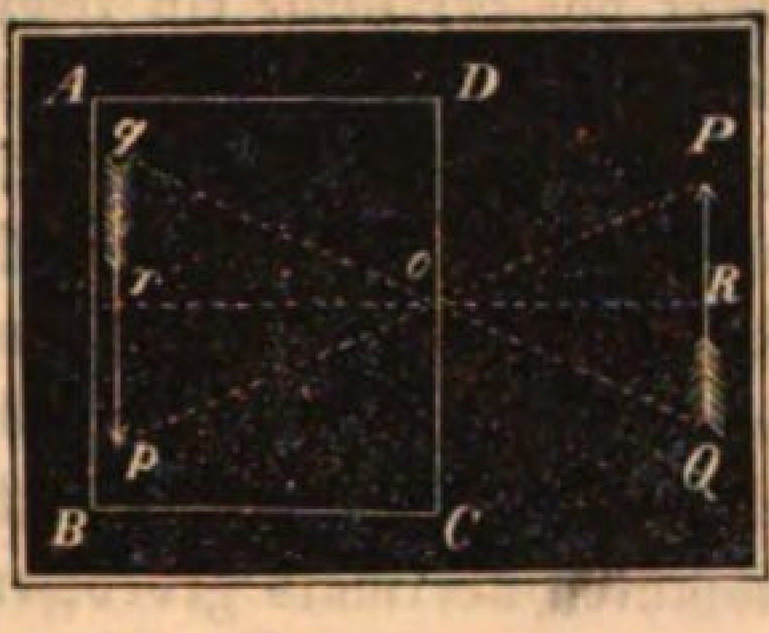
***) Gilb. Ann. Bd. XXXII. S. 339.

**) Ann. de Chim. T. XXII. p. 187.

*) Gilb. Ann. Bd. XXXI. S. 103. — Sömmering, dissert. de oculorum hominis animaliumque sectione horizont. 1818.

mit Hülfe desselben konnte Sömmering auf ein untergelegtes Blatt Papier die vergrößerten Gegenstände mit der größten Genauigkeit zeichnen.

Camera obscura (lat.) d. h. dunkle Kammer, (franz. chambre noire; engl. dark chamber) ist ein von Joh. Baptist Porta *) erfundener und 1558 zuerst beschriebener optischer Apparat, der dazu dient, innerhalb eines finsteren Raumes Bilder außerhalb dieses Raumes befindlicher Gegenstände zu erzeugen. Stellen wir uns irgend einen kastenartigen, rings eingeschlossenen also finstern Raum vor, welchen in nebenstehender Fig. ABCD bezeichnen mag. Vor der Wand CD befinde sich ein stark erleuchteter Gegenstand, und in derselben Wand CD sei eine kleine Oeffnung bei o angebracht, welche so eng ist, daß man von ihr annehmen kann, es könne nur Einer von den unzähligen z. B. vom Punkte P ausgehenden Strahlen durch sie hindurch in das Innere von ABCD dringen. Auf diese Oeffnung gelangt und geht durch sie hindurch nicht nur ein Strahl von dem Einen Punkte P des Gegenstandes PQ, sondern ebenso ein Strahl von jedem anderen Punkte des Gegenstandes PQ. Jeder dieser Strahlen geht geradlinig fort und so kommt es, daß der Strahl von P die der Oeffnung o gegenüberstehende Wand AB bei p, der Strahl von Q die Wand AB bei q und so auch der Strahl von R dieselbe Wand bei r treffen wird. Was so von P, Q und R, gilt auch von allen andern Punkten des Gegenstandes, und man sieht nun leicht ein, wie bei pq ein umgekehrtes Bild von PQ entstehen müsse. Damit dieses Bild die gehörige Deutlichkeit habe, ist nöthig, daß die Oeffnung o sehr klein sei, denn das Bild wird offenbar alsbald verschwinden, sobald mehrere Punkte des Gegenstandes PQ Licht nach demselben Punkte der Wand AB werfen; dies aber wird um so mehr der Fall sein, je größer die Oeffnung o ist. Mit der Größe der Oeffnung nimmt aber die Erleuchtung im Allgemeinen zu, und erweitert man o immer mehr, so wird das Bild pq immer mehr verschwinden, die Wand AB aber immer stärker erleuchtet erscheinen, bis sie endlich das Licht ganz ebenso, wie wenn DB gänzlich fehlte, zurückwirft, d. h. ohne Erscheinung eines Bildes in ihrer eigentlichen Farbe erscheint. Ist die Oeffnung o sehr eng, so wird zwar das Bild an Deutlichkeit gewinnen, zugleich aber sehr lichtarm sein. Um nun das Bild zugleich deutlich und lichtvoller zu haben, kann man die Oeffnung o erweitern und eine convexe Linse in sie einsetzen; dann aber muß AB gerade so weit von DC entfernt sein, als die Größe der Brennweite dieser Linse ist. In diesem Falle nämlich concentrirt die Linse mehrere der von jedem einzelnen Punkte P, R oder Q ausgehenden Strahlen auf Einem entsprechenden Punkte p, r oder q der Wand AB und so wird die Deutlichkeit des Bildes so groß sein, als wäre die Oeffnung o nur ein Punkt, und dennoch zugleich eine größere Lichtstärke des Bildes stattfinden. Aber auch in diesem Falle wird das Bild in umgekehrter Lage von PQ erscheinen. Eine aufrecht erscheinende Lage des Bildes wird aber dann stattfinden, wenn man dem Gegenstande PQ außerhalb des dunklen Raumes selbst eine umgekehrte Stellung ertheilt, oder durch eine besondere Vorrichtung die Umkehrung des Bildes bewirkt.

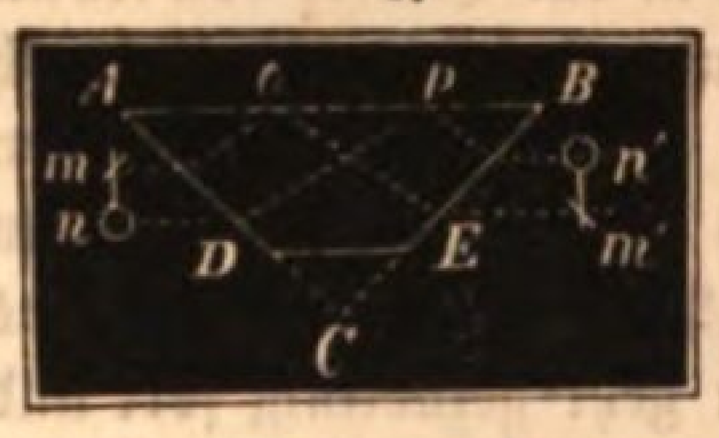


---

*) Magia naturalis. Neapel, 1558.

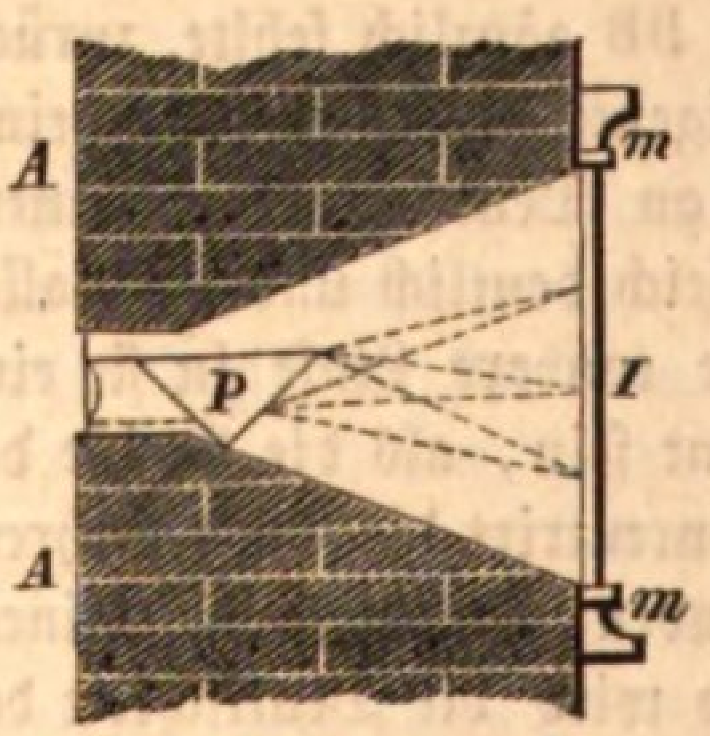
Die durch die Camera obscura erzeugten Bilder zeichnen sich durch eine besondere Schönheit der Farben und Weichheit der Umrisse aus und haben überdies noch den ganz eigenthümlichen Reiz, daß sie lebendig sind. Alles, was nämlich außerhalb des verdunkelten Raumes vorgeht, regt und bewegt sich auch in dem Bilde. Man kann jedes Zimmer zur Camera obscura leicht vorrichten. Die Fenster desselben werden durch Laden geschlossen und nur in eine Oeffnung des einen Ladens wird ein Objectivglas von etwa 5 Fuß Brennweite angebracht. In dem Brennpunkte dieses Glases wird dann eine mit weißem Papier beklebte Tafel aufgestellt, auf der das Bild des Platzes vor dem Fenster erscheint. Man wird natürlich nur solche Zimmer hierzu wählen, welche eine angenehme Aussicht haben. Um die Umkehrung des Bildes zu bewirken, kann man hinter oder vor der Linse ein rechtwinkliges gläsernes Prisma anbringen, wie die Zeichnung ein solches im Durchschnitt darstellt. Hier werden von der Fläche AB die von dem Gegenstande kommenden Strahlen so zurückgeworfen, wie dieses die Figur erläutert; der von m ausgehende Strahl wird an der Wand AC des Prismas nach o gebrochen, hier von der Wand AB reflectirt, von der Wand BC beim Ausfahren abermals gebrochen und gelangt so nach m′; ebenso gelangt der Strahl von von n durch p nach n′, und auf diese Weise wird eine Umkehrung des Bildes entstehen, durch welche die Umkehrung durch das Objectiv aufgehoben wird. Da die nahe bei C parallel mit der Basis einfallenden Strahlen dieselbe nicht mehr treffen, so ist das untere Drittheil der Prismas CDE überflüssig und kann wegbleiben. Man kann größere Prismen auch aus Spiegelglastafeln zusammensetzen und dieselben mit Wasser oder Weingeist füllen.

I.



Horner *) führt folgende artige Einrichtung einer kleinen Camera obscura an. In einer wohlgelegenen, etwas dunklen Ecke eines gewöhnlichen, nicht eben sehr finsteren Zimmers wird die Mauer schräg durchbrochen und auf der äußeren Seite AA (Fig. II) ein Objectiv eingesetzt, dessen Brennweite ungefähr der Mauerdicke gleich ist. An der inneren Seite der Wand I hängt ein gewöhnlicher Bilderrahmen mm mit einem mattgeschliffenem Glase, auf welchem die äußeren Gegenstände sich abbilden; ein Prisma P von mäßiger Größe dient zur Aufrechtstellung dieses (ohne das Prisma verkehrt erscheinenden) beweglichen Gemäldes.

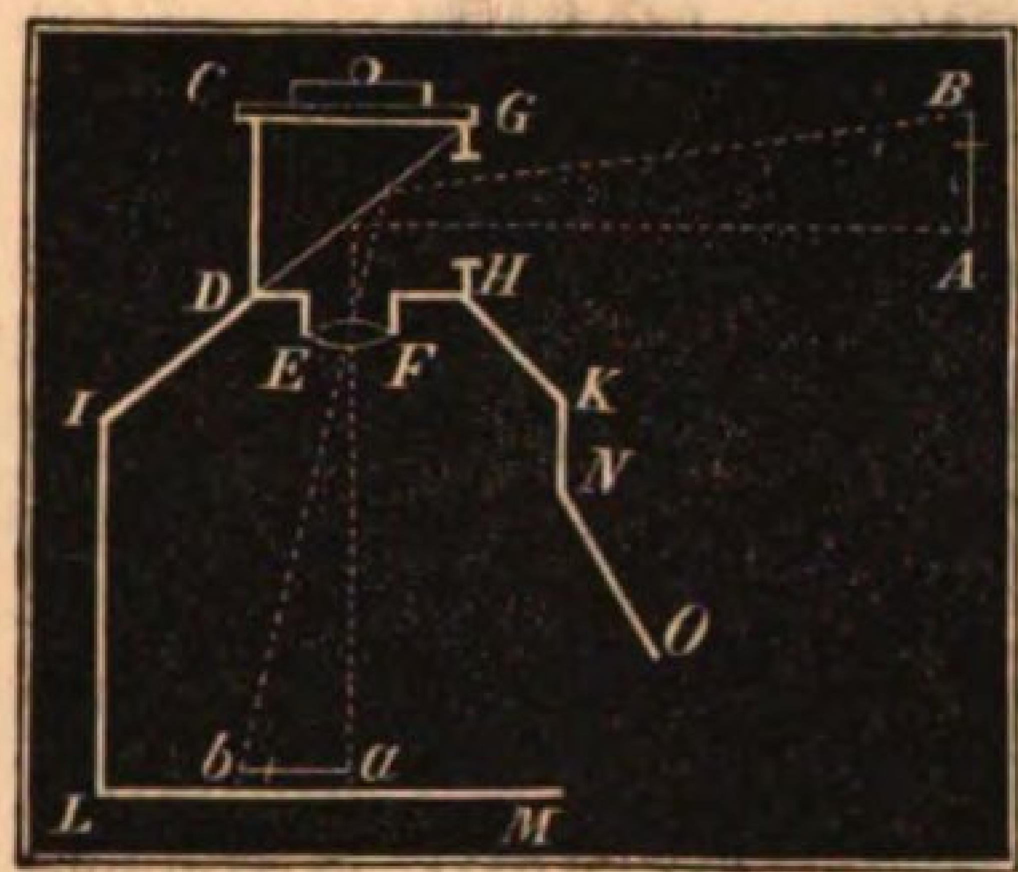
II.



Bequemer als die eben erwähnten sind die tragbaren, transportirbaren Vorrichtungen von dunklen Kammern. An die Stelle des verfinsterten Zimmers tritt hier ein dunkler Kasten, auf dessen unteren oder oberen horizontalen Fläche das Bild erscheint. Eine solche Vorrichtung ist nachfolgende Abbildung. CDHG und HKMLD sind zwei über einander gestellte hohle Kasten, der untere inwendig schwarz angestrichen. Der obere kleinere ist bei GH offen, um das Licht von den Gegenständen AB einzulassen. In seiner Diagonalfläche steht der Planspiegel GD unter einem Winkel von 45° gegen den Horizont geneigt. Im Boden befindet sich ein

*) Gehl. phys. Lex. Bd. II. S. 33.

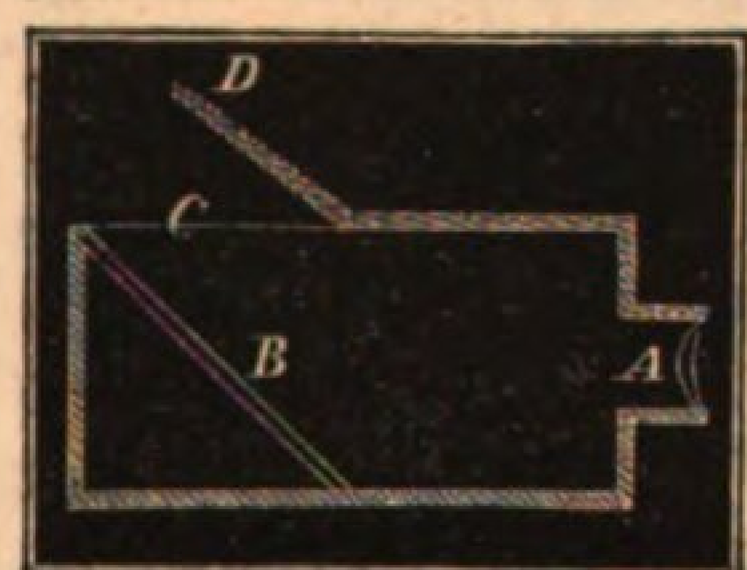
I.



kurzes Rohr mit dem erhabenen Linsenglase EF. Der Spiegel wirft den Lichtstrahl, der von A horizontal auf seine Mitte fällt, lothrecht in der Axe des Glases nach a, und einen andern, der von B kömmt, durch die Mitte des Glases ungebrochen nach b. Wenn nun der Boden des untern Kastens LM vom Glase den gehörigen Abstand hat, so kommen alle Strahlen, die von A aufs Glas fallen, auf dem Boden in a, und alle, die von B kommen, in b zusammen, und wenn man ein Reißbret mit weißem Papiere bespannt auf LM legt, so entwirft sich auf selbigem das Bild ab. Die Seite KM ist durch einen Deckel von Wachstuch NO verschlossen, den man aufheben kann, um das Auge und die Hand in den innern Raum zu bringen, und so das entworfene Bild, das sich von dieser Seite aufrecht darstellt, abzuzeichnen. Noch besser ist es, wenn man bei N ein schwarzes Sammttuch so befestigt, daß es der Zeichner oder Beschauer über sich decken kann, um alle seitlich einfallenden Lichtstrahlen abzuhalten. Wegen der verschiedenen Entfernung der Gegenstände kann die Linse EF in ein engeres Rohr eingesetzt werden, das sich in dem weitern verschieben, und nach Erfordern in andere Abstände vom Boden LM bringen läßt.

Eine andere tragbare Camera obscura ist Fig. II. abgebildet. Hier ist der Planspiegel B so gestellt, daß das von ihm zurückgeworfene Bild nach oben auf ein bei C ausgespanntes geöltes Papier oder eine matte Glastafel, durch die es durchscheint, fällt; das Auge des Beobachters befindet sich oberhalb von C, und Seitenflügel, sowie der Flügel D, können angebracht sein, um das störende Sonnenlicht abzuhalten. Bei A befindet sich eine Röhre, welche die Linse enthält, und die genähert und entfernt werden kann.

II.



Man hat diese letztere Einrichtung der Camera obscura auch Camera clara, helle Kammer, genannt, weil hier das Bild nicht in dem dunklen Kasten selbst, sondern von außerhalb desselben betrachtet wird, wo es dann auch weniger nöthig ist, von dem betrachtenden Auge das Seitenlicht abzuhalten. Statt des transparenten Glases hat man bei der Camera clara aber auch eine große Glaslinse von nicht zu langer Brennweite angebracht, auf der dann das Bild mit schärferen Umrissen und schöneren Farben sich darstellt. Auch hat man endlich zwischen dem Spiegel und der mattgeschliffenen Glasplatte eine Linse eingeführt, um das Bild auf der Tafel schärfer zu erhalten. Die Einführung des Namens Camera clara ist aber überflüssig und giebt nur zu Verwechselungen mit der Camera lucida Veranlassung, welche von den Franzosen Chambre claire genannt wird.

Durch die bekannte Erfindung Daguerre's ist es gelungen, das Bild der Camera obscura zwar nicht mit seinen Farben, aber doch in Bezug auf Licht und Schatten zu befestigen. Dadurch hat die Camera obscura eine größere Wichtigkeit erlangt, als sie früher besaß. Man ist seitdem auch beflissen gewesen, sie

sorgfältiger auszuführen. Es stellen sich aber an der Camera obscura im Allgemeinen folgende Mängel heraus:

1) Die Bilder, welche durch Linsen erzeugt werden, sind verkehrt, so daß oben zu unten und unten zu oben geworden.

2) Die Bilder, welche von Spiegeln hervorgebracht, sind verwendet, so daß rechts zu links und links zu rechts geworden.

3) Wenn also das durch eine Linse erzeugte verkehrte Bild mit Hülfe eines Spiegels (durch Reflexion) wieder aufrecht gestellt worden, so erhält man nun auf der durchscheinenden Glas- oder Papiertafel ein verwendetes Bild. Befindet sich das Auge nicht hinter, sondern vor der Wand, auf welcher das Bild sich entwirft, so sieht es durch Zurückwerfung von dieser Wand ein abermals verwendetes, also nunmehr in links und rechts mit dem Gegenstande wieder übereinstimmendes Bild.

4) Die durch ein matttgeschliffenes Glas oder ein geöltes Papier gesehenen Bilder, welche der hinter der (durchscheinenden) Wand stehende Beobachter sieht, fallen weniger scharf und schön aus, als diejenigen, welche ein Beobachter auf einer undurchsichtigen der Linse gegenüberstehenden Wand wahrnimmt, wenn er sich selbst vor dieser Wand befindet.

5) Die optische Abweichung wegen der Kugelgestalt und wegen der Brechbarkeit (s. d. Art.) macht die Bilder der Camera obscura falsch.

6) Das von einer ebenen Fläche aufgefangene Bild ist ein anderes, als das Bild des Gegenstandes, welches im Auge beim directen Sehen entsteht, weil die Grundfläche, auf welcher sich im Auge, das übrigens selbst eine Camera obscura ist, das Bild entwirft, eine sphärische Fläche ist. Die geometrische Perspective der Bilder der Camera obscura ist also nie genau richtig.

7) Aber auch die Luftperspective ist in dem Bilde der Camera obscura nicht genau, indem die Gegenstände schärfer erscheinen, als das Auge sie unmittelbar sieht.

Die Uebelstände unter 1, 2, 3 fallen bei der Camera obscura, wie man sie zur Herstellung der Lichtbilder anwendet, zum Theil hinweg, weil es hier nicht darauf ankommt, ob das Bild in der Camera sich verkehrt darstellt. Man unterläßt es daher auch, einen Spiegel anzubringen, welcher nur lichtschwächend wirken würde. Dagegen zeigen die Lichtbilder das Bild so, wie man es im Kasten der Camera obscura durch das von der Rückwand reflectirte Licht sehen würde, wenn sich das Auge im Kasten selbst befände, also verwendet, aus rechts ist links, aus links rechts geworden. Sehr schwer fallen die weiter gerügten Uebelstände ins Gewicht. Man hat der optischen Abweichung wegen concavconvexe Linsen angewendet, welchen man in einiger Entfernung eine Blendung vorsetzt. Auch hat man, namentlich in Rücksicht auf den unter 6 gerügten Uebelstand, statt der ebenen, gekrümmte Flächen zur Auffangung des Bildes angewendet; bei Herstellung von Lichtbildern ist dies aber nicht ausführbar. Durch eine einzige achromatische Linse kann man auf einer ebenen Fläche ein Bild von größerer Ausdehnung hinsichtlich des Gesichtsfeldes, d. h. des Winkels, den die von den äußersten Objecten kommenden Strahlen mit einander machen, von genügender Schärfe nicht darstellen. Nach Angabe von Petzval wendet man daher eine Combination von zwei Crown-Flintglaslinsen an, die namentlich von Voigtländer *) in Wien treff-

*) Verhandlungen des niederöstr. Gewerbevereins. 5. Heft. S. 72.

lich hergestellt werden. Weiteres über die zur Herstellung der Lichtbilder angewendeten Instrumente, s. in d. Art. Daguerreotypie.

Wollaston hat den Rath gegeben, als Objectiv der Camera obscura eines Meniscus sich zu bedienen, dessen eine Seite mehr convex, als die andere concav ist. Die concave Seite muß dem Gegenstande zugekehrt sein. Das Verhältniß der Radien, nach welchen die Krümmungsflächen geschliffen sind, ist nach Couchoix am passendsten das von 5 : 8. (Vergl. den Art. Linsenglas.)

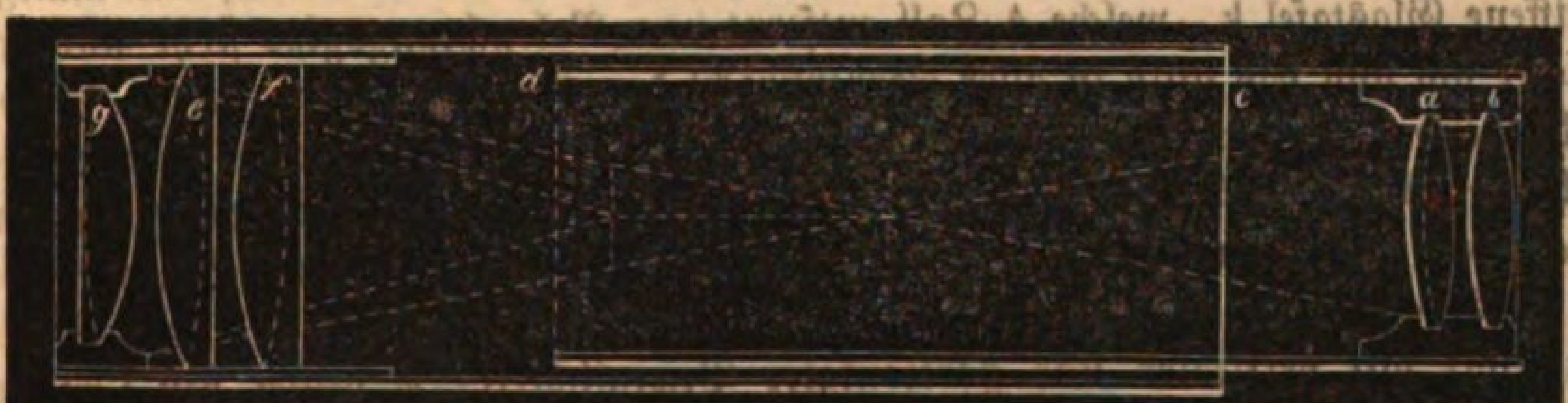
Chevalier ersetzt Linse und Spiegel einer gewöhnlichen dunklen Kammer durch ein Glas, wovon Fig. I. einen Durchschnitt angiebt, und welches an der Fläche AB eben, an der Fläche AC convex, an BC hingegen concav ist. Fallen nun von einem fernen Gegenstande Strahlen auf AC, so werden sie wie in einer Linse gebrochen und an AB so reflectirt, daß sie durch CB hervorkommen, und in D ein verkehrtes Bild des Gegenstandes geben.

I.



Unter dem Namen einer Camera clara dioptrica hat von Leyser*) ein Instrument hergestellt und wie folgt beschrieben, welches nichts anderes als eine vervollkommnete Camera obscura ist. Zu dem Instrumente gehören vier Stück zweifache achromatische Objectivgläser, eine einfache Hülfslinse, ein großes Sammelglas und eine mattgeschliffene Glastafel. Die Zeichnung zeigt den Durchschnitt des in dem Instrumente vorn eingesetzten Rohres nebst den dazu gehörigen Gläsern in halber Größe. Das vordere Objectiv a und b, welches aus einem zweifachen achromatischen Objectivglas a und einem einfachen Linsenglas b (welches letztere zur Herstellung einer möglich kurzen Brennweite vor das achromatische gestellt ist) zusammengesetzt ist, besteht nothwendig aus diesen zwei Theilen, indem es sehr schwierig wäre, die geforderte Wirkung durch ein Glas zu erreichen, da die gesammte Brennweite der beiden Gläser noch nicht 5 sächsische

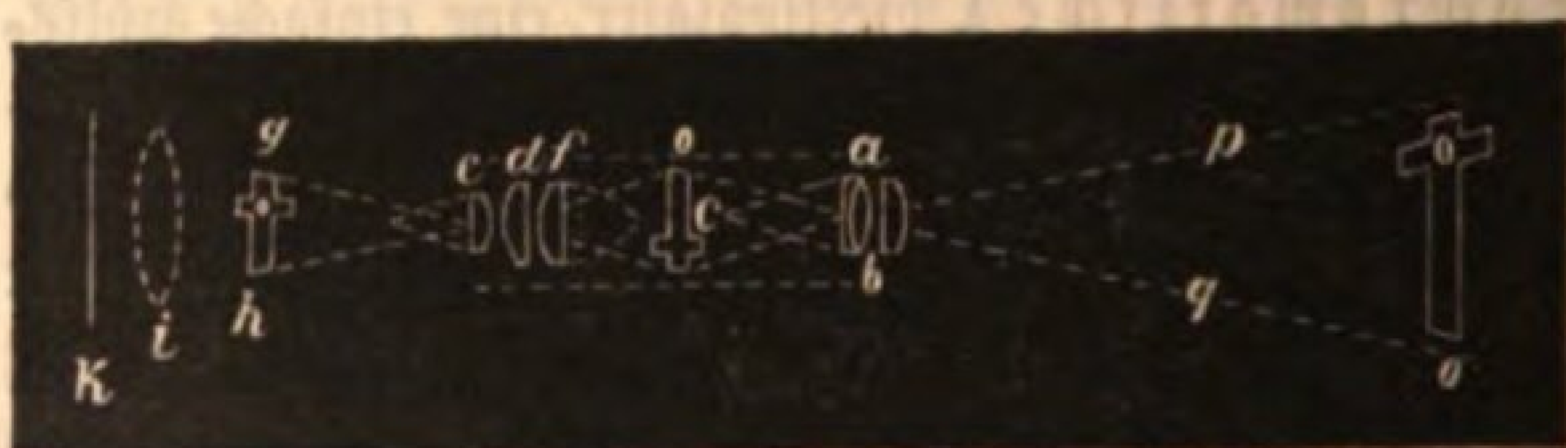
II.

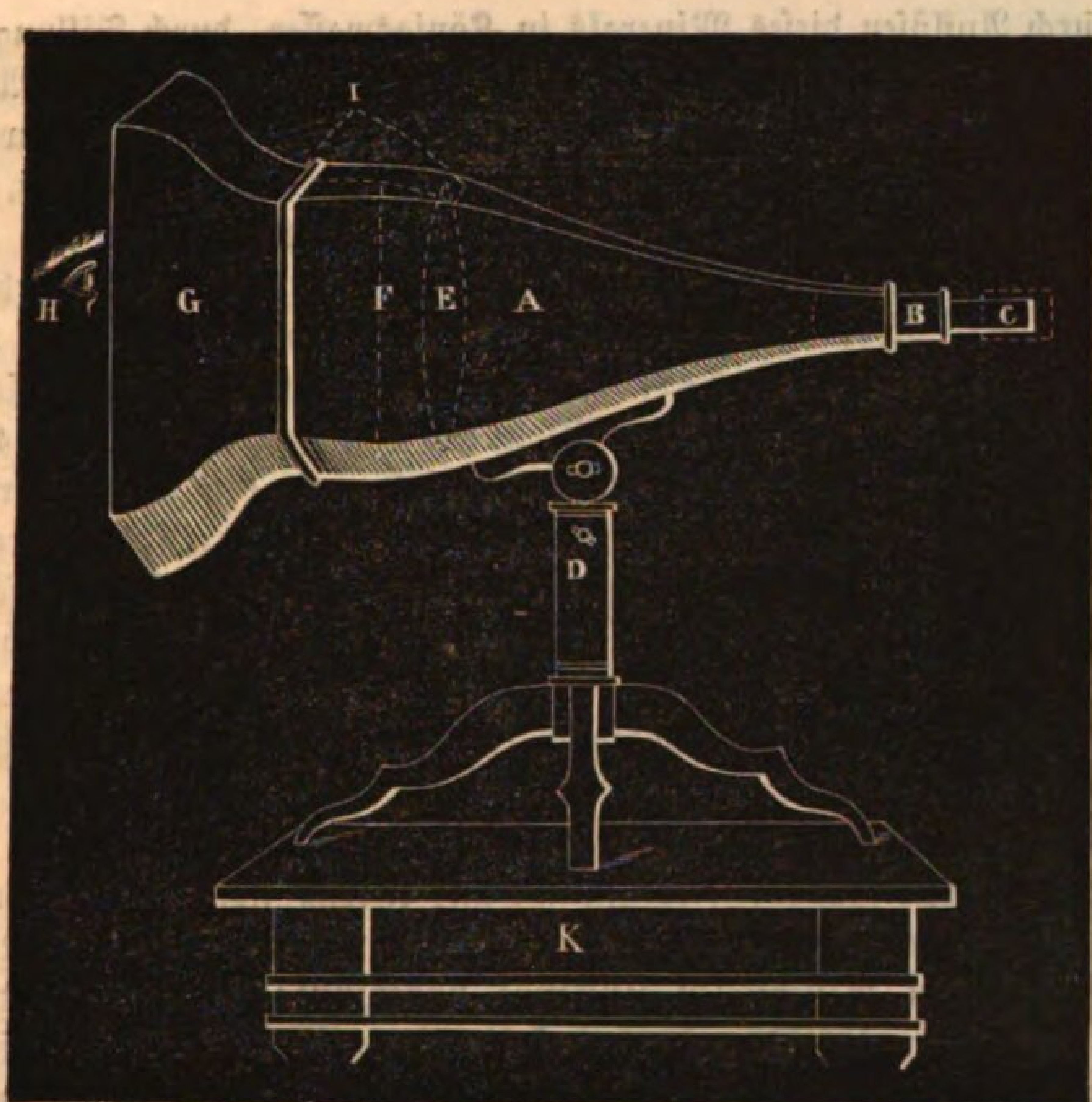


Zoll erreichen darf, und die Rundung der Kugelfläche schon bedeutend auf ein Glas wirken würde. Beide Gläser a und b haben 18 Linien Oeffnung und 8 sächsische Zoll Brennweite, bilden aber in ihrer Zusammenstellung Eins von ungefähr $4^1/_2$ sächsische Zoll Brennweite. Die convexen Flächen sind nach außen, dem abzubil-

*) Pogg. Ann. Bd. LVI. S. 407.

denden Gegenstande zugekehrt. Diese zwei Gläser, auf deren Güte sehr viel ankommt, bilden den Inhalt des kleineren Rohres c, welches sich in dem größeren Rohre d hin und her bewegen läßt. Das größere Rohr d enthält erstens zwei einfache achromatische Objectivgläser e und f, deren jedes 8 Zoll Brennweite hat, die aber in ihrer Vereinigung Ein Glas von ungefähr $4^1/_2$ sächsische Zoll Brennweite bilden. Diese zwei egalen Gläser müssen den größten Durchmesser vor allen übrigen im Rohre haben, weil sonst das Sehfeld in seiner Größe verringert würde. 24 Linien Oeffnung sind für diese beiden Gläser erforderlich. Sie sind mit ihren convexen Flächen dem inneren Theil der Camera zugewendet. Es folgt nun das letzte Glas im Rohre, ein achromatisches Objectivglas g, von 6 sächs. Zoll Brennweite und 20 Linien Oeffnung, welches seine convexe Crownglasfläche wieder nach vorn dem Gegenstande zukehrt. Es ist dieses das fünfte und letzte Glas im Rohre, welches dem Bilde das große Sehfeld und die Schärfe verleiht. Es sei der abzubildende Gegenstand ein Kreuz o, welches zunächst von dem Vorderglas a und b empfangen wird. Die beiden Strahlen p und q, welche von den Endpunkten des Kreuzes o durch das Objectiv a und b gehen, kreuzen sich hinter diesem Glase, und stellen daher in dem Brennpunkt c das Kreuz o in der Convergenz umgekehrt dar. Von dort empfangen die drei hintersten Gläser c, d und f das umgekehrte Bild o, und stellen es hinter sich bei g wieder aufrecht dar. Von diesem Punkte g aus durchlaufen die Strahlen g und h divergirend das Beleuchtungsglas i, welches Glas dem Bilde erst das wahrhaft zauberische Licht und die schönste Vollkommenheit giebt. Der Durchmesser dieses Beleuchtungsglases muß gleich sein der gewünschten Größe des Sehfeldes. Die Brennweite für dieses Glas kann auf 9 Zoll Oeffnung 14 Zoll betragen, obwohl hier die Differenz um einen Zoll nicht von großer Bedeutung ist, da es wesentlich nur zur Beleuchtung dient. Wichtig ist, daß die Flächen dieses Glases nicht von gleicher Convexität sind, da die eine erhabenere Fläche dem Auge des Beschauers zugekehrt sein muß. Dieses in dem Apparat so bedeutungsvolle Beleuchtungsglas wirft das Bild auf die mattgeschliffene Glastafel k, welche 4 Zoll entfernt vom Beleuchtungsglas steht und auf welcher sich nun das Bild in aller Farbenpracht dem Beschauer präsentirt. In der nachstehenden Seiten-Ansicht des ganzen Instrumentes ist A das birnenförmige Gehäuse, B das vordere Rohr, welches in das birnenförmige Gehäuse A gut eingepaßt sein muß, damit es sich bequem stellen lasse; C eine Sonnenblende, über das Auszugsrohr zu stecken, um das falsche Seitenlicht abzuhalten; D das Stativ von Holz mit verticaler und horizontaler Beweglichkeit; E deutet den Ort des großen Sammel- oder Beleuchtungsglases an, welches 13 Zoll vom vorderen Zugrohr entfernt stehen muß; F giebt den Ort für die mattgeschliffene Glastafel an. G ist ein Schirm, auf das birnenförmige Gehäuse zu stecken, zur Abhaltung des blendenden Seitenlichts; H das Auge des Beschauers. J eine in dem Gehäuse nöthige Thür, zur Einführung des Beleuchtungsglases und der matten Glastafel; K ein Tisch, worauf das Instrument steht.





Canalwage s. Niveau.

Capillarattraction, Capillardepression, Capillarität, s. Haarröhrchen.

Cardinalpunkte, s. Horizont.

Cautschouc, s. Kautschuck.

Centralbewegung, s. Bewegung.

Centralfeuer, s. Erde.

Centralkraft, Centrifugalkraft, s. Bewegung.

Centrifugalmaschine, s. Schwungmaschine.

Centrifugalpendel, s. Pendel.

Centrifugalregulator, s, Regulator.

Centripetalkraft, s. Bewegung.

Ceres, s. Planet.

Cerium, Cer (Chem. Zeichen = Ce) wurde im Jahre 1803 fast gleichzeitig von Hisinger, Berzelius und Klaproth entdeckt; es wird aus dem reinen Chlorcerium durch Einwirkung von Kalium in der Glühhitze abgeschieden, und erscheint als ein graues oder rothbraunes Pulver, welches unter dem Polirstahl Metallglanz annimmt; an der Luft erhitzt, verbrennt es zu Ceroxyd und ebenfalls bildet sich dieses rasch, wenn das Cerium mit der Feuchtigkeit der Luft oder mit flüssigem Wasser in Berührung tritt. Dieses Metall findet sich im oxydirten Zustande mit Kieselsäure verbunden nebst andern Metalloxyden in dem Cerit und einigen andern seltenen Mineralien, wie Allanit, Orthit, Pyrorthit und Gadolinit und noch seltener mit anderen Säuren verbunden, wie Phosphorsäure, Kohlensäure, Titansäure ꝛc. in der Natur vor. Das Cer bildet mit Sauerstoff zwei verschiedene Oxydationsstufen: der Ceroxydul (CeO) wird aus dem Cerit

gewonnen durch Auflösen dieses Minerals in Königswasser, durch Fällung des Eisens aus der abfiltrirten Flüssigkeit durch benzoesaures Ammoniak; durch Ammoniak wird dann ein Gemenge von Ceroxyd und Ceroxydul niedergeschlagen, welches in Chlorwasserstoffsäure sich auflöst, abgedampft und in einer Retorte erhitzt, bis kein Chlor mehr entweicht, als Cerchlorür zurückbleibt; dieses aufgelöst und mit Kali gefällt, giebt weißes Ceroxydulhydrat, welches beim Auswaschen und Erhitzen sich rasch höher oxydirt. Der mit Kali erhaltene Niederschlag besteht aber, wie man in neuerer Zeit (1839 Mosander) gefunden hat, nicht aus reinem Ceroxydulhydrat, sondern enthält eine bedeutende Menge von Lanthanerde (ungefähr 40 Proc.) und etwas Didymoxyd; zu deren Abscheidung löst man den Kaliniederschlag in Salpetersäure auf, dampft ab, glüht den Rückstand und digerirt ihn mehrere Stunden lang bei gelinder Wärme mit einem Gemisch von 1 Th. Salpetersäure und 50 bis 100 Th. Wasser, wodurch die Lanthanerde aufgelöst wird, während das Ceroxyd nebst einer geringen Menge von Lanthanerde und Didymoxyd ungelöst zurückbleibt. Um das Ceroxyd vollständig zu reinigen, kann man nach Scherer*) dasselbe abermals in Salzsäure auflösen, die Auflösung mit Ammoniak sättigen, essigsaures Ammoniak hinzusetzen und mit oxalsaurem Ammoniak fällen; das ausgeschiedene oxalsaure Ceroxydul wird geglüht und endlich nochmals mit verdünnter Salpetersäure behandelt, um die letzte Spur der Lanthanerde auszuziehen. Das Oxydul ist im reinen wasserfreien Zustande unbekannt; es bildet mit Säuren Salze, von denen die unlöslichen farblos sind, die auflöslichen mit wenig Wasser eine amethystrothe, mit mehr eine farblose Flüssigkeit bilden; sie schmecken süß, zusammenziehend und röthen auch bei völliger Sättigung der Säure noch Lackmus, beim Glühen zersetzen sie sich, wenn die Säure flüchtig ist; die wässerigen Auflösungen werden gefällt durch kaustische und kohlensaure Alkalien, durch phosphorsaures Natron, durch eine gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Kali (Bildung von schwefelsaurem Ceroxydul-Kali), arsensaures Kali, Kleesäure und kleesaures Kali. Der Ceroxyd (Ce^2O^3) erhält man durch Glühen des Metalls oder des Oxydulhydrats an der Luft oder durch Zersetzung des salpetersauren Ceroxyduls in der Glühhitze; es erscheint im reinen Zustande als ein weißes, kaum gefärbtes, geschmackloses und unschmelzbares Pulver, nur das didymhaltige ist braunroth gefärbt; das Hydrat, wie es durch fixe Alkalien aus den Auflösungen der Ceroxydsalze gefällt wird, ist eine schleimige hellgelbe, beim Trocknen schwefelgelb werdende Masse; die Ceroxydsalze sind im festen Zustande gelb oder roth und ebenso ihre Auflösungen gefärbt. Das Cerium verbrennt, im Schwefeldampfe erhitzt, unter Feuererscheinung zu Schwefelcerium (CeS), welches man auch durch Glühen von 1 Th. Ceroxyd mit 3 Th. Kalischwefelleber und Ausziehen des Schwefelkaliums mit Wasser erhält als eine fettig anzufühlende, bald gelbgrüne, bald goldgelbe, fein krystallinisch-schuppige Masse, welches in Luft und Wasser sich nicht verändert, aber an der Luft erhitzt sich entzündet, mit blauer Flamme unter Entwicklung von schwefeliger Säure zu basisch schwefelsaurem Ceroxyd verbrennt. Das Chlorcerium (CeCl) ist weiß, porös, in der Rothglühhitze schmelzbar und löst sich ohne Rückstand in Wasser auf, aus welcher Auflösung es sich nach dem Eindampfen bis zur Syrupsdicke, mit Wasser verbunden und farblosen vierseitigen säulenförmigen Krystallen wiederum ausscheidet. Das Cerium oder dessen Verbin-

*) Pogg. Ann. Bd. LVI. S. 498.

bungen finden bis jetzt weder in den technischen Gewerben noch in der Medicin, irgend eine Anwendung. E. W.

Chamäleon, s. Mangan.

Chamsin, s. Wind.

Charlière, s. Luftball.

Chemie (Scheidekunst, Mischungskunde) ist ein Zweig der Naturwissenschaft, welcher uns diejenigen Aeußerungen der allgemeinen Attractionskraft kennen lehrt, die durch dauernde und wesentliche Veränderungen an den Körpern unseren Sinnen klar werden; die Chemie behandelt die Naturkörper hinsichtlich der Veränderungen, welche sie durch ihre gegenseitige Verwandtschaft oder Affinität erleiden, eine Art der Anziehung, die zwischen heterogenen Körpern nur in unmeßbar kleinen Entfernungen stattfindet, und deren Resultat ein neues gleichartiges Ganzes ist; die Chemie kann man also kurz definiren, als „die Lehre von den Verbindungen ungleichartiger Stoffe zu gleichartigen Ganzen und von den Abscheidungen ungleichartiger Stoffe aus gleichartigen Ganzen." Da die dauernden Veränderungen der Körper nur durch ihre äußern physischen Eigenschaften erkannt werden können, so gehört die Betrachtung der Erscheinungen, welche die Adhäsions- und Cohäsionskraft an den Körpern hervorbringt, sowie deren Verhalten zu den imponderabilen Stoffen, zu dem Lichte, der Wärme, dem Magnetismus und der Elektricität ebenfalls in das Bereich der Chemie, und bei dem Studium der letzteren Wissenschaft wird die Kenntniß der allgemeinen Gesetze, nach welchen die angeführten Erscheinungen auftreten, oder die Lehre der Physik vorausgesetzt und auf dieselbe fortwährend verwiesen. Die Chemie stellt sich entweder die Aufgabe, als reine Wissenschaft sich weiter auszubilden, ohne irgend einen andern, außer ihr liegenden Zweck zu verfolgen, sie heißt dann die reine, theoretische, philosophische Chemie, — oder sie tritt zu gleicher Zeit als Kunst auf, sie lehrt uns die mechanischen Handgriffe, die Methoden kennen, nach welchen diese Verbindung erzeugt oder jene Zersetzung vorgenommen werden muß, sie wird dann die praktische Chemie genannt, welche wiederum als synthetische, zusammensetzende, vereinigende, oder als analytische, trennende, zerlegende, Chemie bezeichnet werden kann. Die praktische Chemie geht in die angewandte über, wenn sie die Bereitung der für das Leben wichtigen Gegenstände im Großen uns mittheilt, welche wieder, je nachdem sie eine besondere Classe jener Gegenstände behandelt, vielfach verschiedene Benennungen erhält, so die technische Chemie, wenn sie die Künste und Gewerbe unterstützt, die pharmaceutische Chemie, welche über die Bereitung der Arzneimittel uns Auskunft giebt. Die technische Chemie zerfällt in verschiedene Unterabtheilungen, wie die Metallurgie oder Ausscheidung und Gewinnung der nutzbaren Metalle, die Chromurgie oder die Lehre von der Bereitung, der Eigenschaften und der Wirkung der Farbstoffe, Hyalurgie oder Glaschemie, Zymotechnie oder Gährungschemie u. s. w. Endlich erhält die Chemie, wenn sie anderen Wissenschaften als Hülfswissenschaft theilweise sich unterordnet, von jenen die Beinamen der physischen, mineralogischen, physiologischen, medicinischen, ökonomischen Chemie.

Die Entwicklung der Chemie, in praktischer wie in wissenschaftlicher Hinsicht, gehört ganz der neuesten Zeit, fast ausschließlich dem 19. Jahrh. an. Es giebt keine andere Wissenschaft, welche so schnell von der niedrigsten Stufe der Kindheit zu der Höhe eines kräftigen Jünglingsalters sich erhoben hätte; es giebt kaum eine

Wissenschaft, deren Vergangenheit so dunkel und bedeutungslos war, deren Gegenwart so stolz und lebensmuthig ist, und deren Zukunft voraussichtlich so glänzend und voll Einfluß auf das ganze geistige und materielle Leben der menschlichen Gesellschaft sein wird. Bevor Stahl den ersten Versuch machte, die wenigen zu seiner Zeit bekannten chemischen Processe und Erscheinungen unter einen allgemeinen Gesichtspunkt zu bringen, und die Chemie zu dem Range einer selbstständigen Wissenschaft zu erheben, bevor Richter und Berthollet die einfachen Gesetze erforschten, nach welchen die Körper sich gegenseitig anziehen, sei es zur Verbindung oder zur Auflösung und Trennung, bevor Scheele, Priestley u. A. das Gebiet der Chemie durch zahlreiche, glänzende Entdeckungen erweiterten, bevor Lavoisier mit kühner Hand den Thron des Phlogistons umstürzte, bevor namentlich Berzelius und Klaproth den Chemikern die Wichtigkeit einer genauen Wage durch zahlreiche Analysen chemischer Verbindungen kennen lehrten, — war die Chemie weiter nichts als ein Aggregat von einzelnen wenigen lose zusammengestellten Erscheinungen und oberflächlichen Theorien, entweder der Arzneikunde als Dienerin unterworfen, oder im Geiste überspannter Schwärmer oder schlauer Betrüger ein Mittel, unedle Metalle in edle zu verwandeln, und mit der Entdeckung des Steines der Weisen die Hoffnung realisirt zu sehen, ein ewiges Leben schon auf Erden zu erlangen.

Die ältesten Völker, von deren Culturzustand die Bücher der Geschichte erzählen, die Aegypter und Phönizier, eifrig der praktischen Seite des Lebens, der Industrie, dem Handel und der Schifffahrt zugethan, waren schon im Besitze mannigfacher chemischer Kenntnisse, welche, wohl großentheils durch Zufall ihnen überliefert, sie befähigten, verschiedene rohe Naturproducte zu Gegenständen des gewöhnlichen Lebens und der Kunst zu verarbeiten. Sie verstanden nicht allein das Ausscheiden mehrerer Metalle aus ihren Erzen, die Darstellung von Kochsalz, Vitriol, Salmiak, Töpferwaaren, Seife, Essig und anderer Gegenstände, sondern sie wußten auch die Körper vielfach zu mischen und zu zersetzen, um Arzneimittel, Farben und Stoffe zu erlangen, durch welche sie die Leichname vor der Verwesung bewahrten. Selbst der Name der Chemie ist ägyptischen Ursprungs, aber erst bei den Griechen wurde später das Wort *Χημία* in der jetzigen Bedeutung zur Bezeichnung scheidekünstlerischer Versuche und Untersuchungen angewendet, indem sie dieses Wort von der alten Benennung des ägyptischen Landes entlehnten, um anzudeuten, daß die geheimnißvolle Kunst, die Naturkörper aufzulösen und umzuwandeln, von den Aegyptern zuerst ausgeübt und von ihnen auf den griechischen Boden verpflanzt worden sei, wo sie namentlich in den alten Mysterien ihren verborgenen Sitz aufgeschlagen zu haben scheint. Die Griechen haben, nach den Ueberlieferungen, nicht sowohl ihre chemischen Kenntnisse durch directe Beobachtung der Natur zu erweitern, als vielmehr in kühnen und geistreichen Speculationen den Ursprung der Materie zu ergründen versucht; sie ergingen sich, mit ihrer ganzen Geistesrichtung im Einklange, nur in abstracten, philosophischen Betrachtungen über das Metall, und verfolgten mit Aristoteles (384—322 v. Chr.) den Weg der Naturforschung vom Allgemeinen zum Besondern und suchten nicht, wie unsere Zeit, aus einer Menge einzelner Beobachtungen und Untersuchungen die allgemeinen Naturgesetze zu erforschen. Mit der Unterwerfung Griechenlands unter die römische Herrschaft wurde auch unter den Römern, wenn gleich nur selten, der Sinn für die Naturwissenschaft erweckt; es traten Männer auf, welche, wenn auch

weniger durch eigene Forschungen und Entdeckungen ausgezeichnet, doch mit den Kriegsheeren weite Reisen in die über die ganze damals bekannte Erde sich ausdehnenden römischen Provinzen unternahmen, die Natur fremder Länder kennen lernten, die Erfahrungen Anderer sammelten und durch die Schrift späteren Jahrhunderten überlieferten. So war der Arzt Dioscorides (um die Mitte des ersten Jahrhunderts n. Chr., in Kleinasien geboren) berühmt durch seine medicinischen Kenntnisse, die er zum Theil auf langen Reisen gesammelt hatte; er verstand schon die Operation des Destillirens anzuwenden, das Quecksilber aus dem Zinnober abzuscheiden und mehrere chemische Präparate, wie Kalkwasser, Zinkoxyd, Kupfervitriol, Bleiweiß u. s. w. darzustellen. Das wichtigste naturhistorische Werk des Alterthums hat Plinius (23—79 n. Chr.) in seiner Historia naturalis hinterlassen, welche uns ein vollständiges Bild giebt von den in keinem inneren Zusammenhange stehenden chemischen Kenntnissen der damaligen Zeit; es ergiebt sich aus diesem Werke, daß die Römer zu den schon den Aegyptern und Griechen bekannten chemischen Processen und Verbindungen gar wenige oder keine wesentlich neue Entdeckungen hinzufügten.

Mit der großen Völkerwanderung wurden in Europa lange Zeit hindurch alle naturwissenschaftlichen Bestrebungen unterdrückt; nur in Aegypten, in dem Lande, von wo sie über den übrigen Erdboden sich verbreitet hatten, und wo sie in den Tempeln von den Priestern als Mysterien seit den ältesten Zeiten betrieben worden waren, fanden sie auch jetzt wiederum Schutz und Pflege. Die Schule der Alexandriner ist es, welche zur Unterstützung der Arzneikunde, wie der Künste und Gewerbe die chemischen Kenntnisse anwandte und erweiterte, und wo seit dem vierten Jahrh. n. Chr. ein neues Zeitalter für die Chemie begann, das Zeitalter der Alchemie, durch deren Hülfe man das Geheimniß der Umwandlung der unedlen Metalle in edle, in Gold und Silber zu entdecken hoffte. Als die Kunde der Zerlegbarkeit so vieler Naturkörper sich mehr und mehr erweiterte, als man sah, daß aus harten, spröden und oft metallglänzenden Erzen geschmeidige und nutzbare Metalle gebildet werden könnten, war es natürlich, daß man vermuthete, die einzelnen Metalle selbst seien ebenfalls zusammengesetzte Körper und es müsse ein Mittel geben, deren Bestandtheile abzuscheiden, unter welchen man die schönsten, edelsten und theuersten Metalle, das Gold und das Silber aufzufinden hoffte. Schon bei Plinius (Hist. natur. 33,22) findet man die erste Spur der Goldmacherei, indem er anführt, daß der Kaiser Caligula aus Operment Gold machen lassen wollte. Die Hochschule zu Alexandria ergriff zuerst die Idee der Metallveredelung mit allem Eifer und legte die Resultate ihrer Untersuchungen und Beobachtungen in eigene Schriften nieder, die aber durch ihre geheimnißvolle bilderreiche Darstellung und wunderbare Nomenclatur, wenn sie auch bis auf unsere Zeit sich erhalten haben, doch großentheils völlig unverständlich sind. Von Alexandrien aus ist die Alchemie ausgegangen und fand an den Arabern neue Anhänger und Verehrer von der Mitte des achten Jahrhunderts an, als sie nach Vollendung ihrer großen Eroberungszüge in verschiedenen Ländern sich festgesetzt hatten; von den Arabern lernten die Franzosen, Italiener, Deutschen und Engländer die Alchemie kennen, mit ihrem ganzen Schwall von dunklen Namen und hochtrabenden Redensarten, und wurde unter diesen Völkern des Abendlandes hauptsächlich erst seit der Mitte des 13. Jahrh. häufiger ausgeübt. Man hoffte auf chemischem Wege ein Präparat zu finden, den Stein der Weisen, mittelst dessen jene Umwandlung der

unedlen Metalle in edle bewerkstelligt werden sollte, und welcher zugleich ein Universalmittel gegen alle Krankheiten wäre, fähig, den Körper zu verjüngen und das Leben zu verlängern. Die Metalle wurden angesehen als sämmtlich bestehend aus zwei Urstoffen, welche man Quecksilber und Schwefel nannte, jedoch in ihren Eigenschaften nicht ganz mit den wirklich darstellbaren Körpern dieses Namens übereinstimmend betrachtete; das Quecksilber war gleichsam der Begriff des Unzersetzbaren und Unveränderlichen, dieser Bestandtheil die Ursache des Metallglanzes, der Dehnbarkeit und Schwere; der Schwefel dagegen wurde als das Princip des Veränderlichen und Zersetzbaren in den Metallen, als die Ursache ihrer Farbe betrachtet; beide Bestandtheile sollten sich in den verschiedenen Metallen in verschiedenen Graden der Reinheit und der Fixirung befinden, nach welchen die Schmelzbarkeit und der Werth der Metalle sich bestimmte; so sollte das Gold z. B. eine Verbindung von sehr viel Mercurius und wenig Schwefel, beide Substanzen sehr rein und stark fixirt sein, das Blei enthielte dagegen mehr Schwefel und diesen im unreinen, wenig fixirten Zustande und gemischt mit gleichfalls unreinem, nur theilweise fixirten Quecksilber. Diese Theorie ward zuerst von Heber (oder Dschafar), dem ältesten und berühmtesten arabischen Alchemisten in der zweiten Hälfte des achten Jahrhunderts, mitgetheilt und ist von ihm, nebst vielfachen empirischen Entdeckungen, wie z. B. die Darstellung von Pottasche und Soda, von Aetzkalk, der Schwefelsäure, Salpetersäure, des Königswassers, des Silbersalpeters, des Quecksilbersublimates, des Quecksilberoxydes, vieler Salze und anderer chemischer Präparate, auf die späteren Alchemisten übergegangen. Während man im achten Jahrhundert nur die Möglichkeit behauptete, daß der Stein der Weisen vom Menschen entdeckt werden könne, so gab es dagegen in den folgenden Jahrhunderten Alchemisten, welche diese Entdeckung wirklich gemacht zu haben versicherten, die Eigenschaften und die Wirkungen des Steines der Weisen ausführlich beschrieben, und sich stützend auf die Leichtgläubigkeit der Hohen wie der Niedrigen als schlaue Betrüger oder als selbst Betrogene von einem Lande ins andere, von einem fürstlichen Hoflager in das andere sich begaben. Nach der Mitte des 12. Jahrh. haben die Araber keinen großen Arzt und Alchemisten mehr aufzuweisen; mit dem Verfall ihrer Herrschaft hörten sie auch auf, dem Studium der Chemie ihre Aufmerksamkeit zuzuwenden. Dagegen wurden jetzt nach dem Muster arabischer Institute in Italien und Frankreich, wie in Spanien Hochschulen eingerichtet, wie zu Salerno (gegen 1100), Montpellier (1150), Paris (1215), Salamanca (1222), Neapel (1224), Padua (1227) u. a., auf welchen, wie in den Klöstern, namentlich bei den Dominicanern und Benedictinern, neben den andern Wissenschaften, auch die Chemie und Alchemie gepflegt wurden. Albert von Bollstädt (Albertus Magnus † 1280) entdeckte das metallische Arsenik und dessen Schwefelverbindungen, er kannte die Reinigung des Goldes mittelst Blei, und seine Scheidung von Silber durch Salpetersäure. Gleichzeitig mit Albertus Magnus und bald nach ihm trugen andere Alchemisten zur Verbreitung chemischer Kenntnisse und zu deren Erweiterung bei, wie Roger Baco († 1292), Thomas de Aquino († 1274), Arnold Bachuono († 1312), der die Darstellung des Wismuths und mehrerer ätherischer Oele lehrte, Raimund Lullus († 1315), der durch dunkle und verworrene Begriffe, sowie durch seine mystischen Symbole und Namen seinen Nachfolgern das Studium der Chemie noch mehr erschwerte, als dies schon vor ihm der Fall war, — und besonders Basilius Valentinus (um die Mitte und gegen das

Ende des 15. Jahrh.), welcher das Zink und Antimon in ihren verschiedenen Verbindungen beschrieb, die arsenige Säure, den Bleizucker, das essigsaure Kupferoxyd, den Eisensalmiak, das Knallgold, die Salzsäure, die Darstellung der Schwefelsäure aus Vitriol sowohl, wie aus Schwefel, die Bereitung des Schwefeläthers und vieler anderer Präparate seiner Zeitgenossen und der Nachwelt in seinen Werken mittheilte, wenn auch oft noch ein mystisches Dunkel die Beschreibungen der Operationen, wie der Präparate umhüllt und uns zuweilen hindert, den Sinn seiner Worte klar aufzufassen.

Im 15. Jahrh. erhielt mit der Erfindung der Buchdruckerkunst und der Entdeckung von America, wie alle Naturwissenschaften, so auch die Chemie einen neuen Aufschwung; die Zahl der Universitäten vermehrte sich und die Chemie nahm in ihrer Entwicklung einen neuen Charakter an, der schon von Basilius Valentinus vorbereitet worden war, indem er eine Menge neuer chemischer Präparate als Heilmittel anwendete und den Ausspruch that, daß die Befreiung des Körpers von Krankheit und die Reinigung edler Metalle von beigemischten Stoffen analoge, beides chemische Processe seien. Die Chemie wurde von nun an, außer daß sie noch immer zur Metallveredlung dienen sollte, von einem neuen edleren Principe durchdrungen, sie wurde aufs Innigste mit der Heilkunde verbunden, fast einzig und allein von den Aerzten zur Darstellung der Heilmittel benutzt und von ihnen durch neue Entdeckungen bereichert und erweitert; es ist das Zeitalter der medicinischen Chemie, welches vom Anfang des 16. bis zur Mitte des 17. Jahrh. sich erstreckt. Die Chemie ging jetzt in die Hände wissenschaftlich gebildeter Männer über und wurde von ihnen vorbereitet zu der späteren ehrenvollen Stellung einer selbstständigen Wissenschaft; die Alchemie selbst trennte sich jetzt von der eigentlichen Chemie, sie wurde von jetzt an großentheils nur von Ignoranten und Betrügern ausgeübt, während die Chemie selbst die Erforschung der zur Heilung von Krankheiten dienenden Präparate und der in ihnen wirksamen Stoffe sich zur Aufgabe stellte. Philippus Aureolus Theophrastus Paracelsus Bombastus von Hohenheim († 1541) machte zuerst die Chemie der Medicin unterthänig, er war der Gründer der neuen Richtung, welche die Chemie in den folgenden Jahrhunderten charakterisirte; er stellte eine große Menge von Arzneimitteln dar, aus unorganischen Stoffen sowohl als aus den Pflanzen; er machte Tincturen, Essenzen und Extracte und selbst die am heftigsten wirkenden Stoffe, wie Quecksilber, Bleipräparate, sogar das Arsenik und Vitriolöl wandte er an, nach seinem Grundsatze, daß auch die gefährlichsten Gifte unter Umständen als Arznei wirken können; er lehrte den Proceß der Kupfergewinnung vereinfachen, vermuthete schon in dem Alaun die Gegenwart einer Erde, in dem Vitriol die eines Metalles und nahm in allen Körpern der lebendigen wie der leblosen Natur drei Elemente an, nämlich Schwefel, Quecksilber und Salz. Zeitgenosse von Paracelsus war Georg Agricola († 1555) aus Glaucha in Sachsen, welcher vorzugsweise mit der Hüttenkunde oder der Metallurgie sich beschäftigte und sich um das Ausschmelzen der Metalle und die Darstellung mancher wichtiger chemischer Präparate im Großen wesentliche Verdienste erwarb. Nach dem Tode von Paracelsus erhob sich ein heftiger Streit über dessen Ansichten und chemisch-medicinische Richtung, welcher jedoch von beiden Seiten mit großer Engherzigkeit geführt wurde. Der erste, welcher selbstständig und mit prüfendem Auge die wahren Ansichten seines Vorgängers von den falschen zu scheiden versuchte, war Andreas

Libau (Libavius, † 1616) aus Halle; er kämpfte lebhaft gegen die damals so verbreitete Darstellung und den betrügerischen Verkauf von Lebenselixiren und Geheimmitteln; ihm verdanken wir die Entdeckung des Zinnchlorids (spiritus fumans Libavii), er wußte das Gold zum Rothfärben des Glases zu benutzen, und machte den ersten Versuch, zur chemischen Analyse der Körper einige Anleitung zu geben, doch fast allein zur Untersuchung auf trocknem Wege, da ihm die Anwendung von eigentlichen Reagentien noch fremd war. Johann Baptist van Helmont († 1644) aus Brüssel betrachtete das Wasser als den Urstoff aller Dinge, die Erde und Luft nur als Modificationen des Wassers, und glaubte die Umwandlung des letztern in Erde durch den Vegetationsproceß beweisen zu können; er unterschied zuerst mehrere luftartige Körper, führte den generischen Namen Gas ein und bemerkte, daß durch gewisse brennende Körper das Volumen der atmosphärischen Luft sich vermindert; er entdeckte und beschrieb das kohlensaure Gas, welches bei der Gährung von Wein und Bier sich entwickelt, beim Verbrennen der Kohle und Uebergießen von Kalkstein mit Essig oder Schwefelsäure sich bildet; er wußte die Kieselerde mit Alkali zu Glas zusammen zu schmelzen und aus diesem Glase mittelst Säuren die Kieselerde wiederum auszuscheiden. Durch Van Helmont wurde die Vereinigung zwischen der Medicin und der Chemie noch inniger wie bisher. Glauber († 1668), Sylvius († 1672), Otto Tachenius u. A. erweiterten das Gebiet der Chemie mit vielen wichtigen und interessanten Entdeckungen, in ihnen fand aber auch die medicinische Chemie oder die Iatrochemie ihre letzten Vertreter, denn seitdem man angefangen hatte, den Ausspruch des unsterblichen Franz Baco v. Verulam († 1626) zu beherzigen, daß man, um sich zum Gebieter über die Natur zu machen, damit anfangen müsse, sich ihr unterzuordnen, seitdem Männer, wie Keppler, Galiläi, Toricelli, Guerike, Cartesius u. A. die Physik wesentlich vervollkommnet und bereichert hatten, konnte auch deren Schwester, die Chemie, nicht mehr in den Fesseln der Arzneikunde zurückbleiben, sie mußte sich frei machen und selbstständig allmälig in die Reihe der Wissenschaften eintreten. „Der Mensch", sagt Baco, „ist nur der Dolmetscher der Natur und ihr Diener; er kann auf keine andere Art die Wahrheit enthüllen, als durch Induction, und durch rastlose, vorurtheilsfreie Beobachtung der Natur und Nachahmung ihrer Operationen. Thatsachen muß man zuerst sammeln, nicht durch Speculationen machen." Von diesem Grundsatze ausgehend hat die neuere Chemie, sich als Ganzes zusammenfassend und selbstständig aus sich selbst sich herausbildend, den ganzen Schwall von kabalistischen, magischen, theophilosophischen und alchemistischen Ideen, Symbolen und Namen allmälig von sich entfernt und schreitet nunmehr als empirische Wissenschaft, kräftig und fördernd ins praktische Leben eingreifend, rasch einer immer höheren Vervollkommnung entgegen.

Robert Boyle, einem Irländer († 1691), gebührt vorzugsweise das Verdienst, sich zuerst von dem eitlen Bestreben, den Stein der Weisen aufzufinden, gänzlich losgemacht zu haben, und die Chemie ihrem wahren Zwecke, der reinen Erforschung der ewigen Naturgesetze zugewendet zu haben. Angeregt durch die glänzenden Entdeckungen seiner Zeit auf dem Gebiete der Physik, erkannte er den nahen Zusammenhang beider Wissenschaften und wendete seine Aufmerksamkeit zuerst auf die Erscheinungen und chemischen Processe, an welchen die atmosphärische Luft thätigen Antheil nimmt; er erkannte, daß die Luft durch brennende Körper

und das Athmen der Thiere, ohne an ihrer Elasticität zu verlieren, nach und nach verdorben würde und unfähig, diese Processe ferner zu unterhalten, und er schloß daher aus dieser Wahrnehmung, daß die Luft einen Bestandtheil enthalten müsse, der den Athmungsproceß unterhalte, einen Stoff, dem etwas später Joh. Magow († 1697) die Fähigkeit zuschrieb, in den Lungen die thierische Wärme zu erzeugen, und ihm den Namen Spiritus nitro-aëreus beilegte. Boyle fand ferner schon, daß die Metalle bei ihrer Verkalkung oder Oxydation an Gewicht zunehmen, eine Thatsache, die im J. 1630 von Joh. Rey bestätigt wurde und bekanntlich viel später zum großen Theil den Sturz der phlogistischen Theorie veranlaßte; Boyle führte zuerst den Gebrauch der Reagentien in die Chemie ein, und machte bereits den Versuch, die Metalle nach ihrer Verwandtschaft zu den Säuren zu ordnen. Kunkel aus Holstein († 1702), ein Zeitgenosse Boyle's, war ein geschickter Experimentator und entdeckte die richtige Methode zur Bereitung des von Brandt entdeckten Phosphors, des Salpeteräthers und anderer Präparate. Joh. Joachim Becher († 1682) theilte die Mineralien ein nach ihrem chemischen Verhalten, entwarf den ersten Versuch zu einer Theorie der Gährung und hinterließ eine Menge Schriften, welche aber, in einer mystischen Sprache abgefaßt, lange Zeit ziemlich unbemerkt blieben, bis Stahl auf viele darin enthaltene werthvolle Beobachtungen und theoretische Andeutungen hinwies.

Das Gebiet der Chemie wurde immer ausgedehnter, seitdem man angefangen hatte, mit dem Studium der Chemie im wahren Sinne des Wortes die Erforschung der Natur zu verbinden, die in immer größerer Anzahl gegründeten Universitäten, sowie die in Paris und Berlin eingerichteten Academien der Wissenschaften wirkten fördernd auf die Vervollkommnung chemischer Kenntnisse ein, pharmaceutisch-chemische Lehrbücher im Sinne der neueren Richtung wurden geschrieben von Arnaud, Le Fevre, Lemery, Ettmüller, Wedel u. A., und immer mehr stellte sich das Bedürfniß heraus, die zahlreichen, bisher ohne Zusammenhang dastehenden Erscheinungen unter einen gemeinschaftlichen Gesichtspunkt zusammenzufassen, eine umfassende Theorie der Chemie den bisher erforschten Thatsachen anzupassen. Man hatte erkannt, daß bei der Verbrennung, beim Athmen, bei der Gährung 2c. ähnliche Producte sich entwickelten und also auch eine ähnliche Ursache diesen Processen zu Grunde liegen müsse; man hatte bereits gefunden, daß auf alle diese Erscheinungen, wie ferner auf die Verkalkung, die Entkalkung, Säure- und Salzbildung ein und dasselbe Princip einwirken müsse, nämlich die Verschiedenheit, Heterogeneität der Stoffe, die chemische Anziehungskraft oder Verwandtschaft. Fr. Geoffroy († 1731) hat zuerst vollständigere Verwandtschaftstabellen aufgestellt und gezeigt, daß die Salze immer ein bestimmtes Verhältniß an Säure enthalten und daß verschiedene Säuren in den Salzen sich gegenseitig ersetzen können. Vor Allen aber hat G. E. Stahl († 1734) die Veränderungen, welche die Körper durch das Feuer erleiden, als eine und dieselbe Erscheinung zusammengefaßt, indem er allen verbrennlichen Körpern, je nach dem Grad ihrer Verbrennlichkeit, einen größeren oder geringeren Gehalt an einem eigenthümlichen Stoff, einem brennbaren Wesen, welches er Phlogiston nannte, zuschrieb; er wurde der Gründer der phlogistischen Theorie, welche mit allen ihren Irthümern doch wesentlich zur Erweiterung chemischer Kenntnisse beitrug; sie wurde allgemein als richtig angenommen und war anderthalb Jahrhunderte hindurch die einzige und allein herrschende, so daß, als Lavoisier sie gegen Ende des 18. Jahrh. anzu-

greifen wagte, erst ein langer, lebhafter und für die Wissenschaft selbst höchst fruchtbarer Streit geführt werden mußte, ehe das alte Gebäude zusammenstürzte und auf seinen Trümmern die Chemie unserer Zeit sich erhob. Das Phlogiston ist nach Stahl in allen Metallen, wie in noch höherem Grade in allen verbrennbaren Körpern enthalten, besonders im Phosphor, Schwefel, Kohle rc.; mit deren Verbrennung wird dasselbe ausgetrieben und die übrigen Bestandtheile des Körpers treten dann in ihrer Reinheit und Deutlichkeit hervor, in dem Schwefel und Phosphor ist also nach Stahl eine Säure, in den Metallen kalkartige Stoffe enthalten; erhitzt man diese Säuren oder Metallkalke mit einem an Phlogiston besonders reichen Körper, wie mit Kohle, so tritt das Phlogiston von diesem Körper wieder an jene über und es entsteht wiederum Schwefel, Phosphor und regulinisches Metall. Wenn die Luft die Verbrennung nicht ferner unterhalten konnte, so hieß sie mit Phlogiston gesättigt oder phlogistisirt; den verbrannten Körper nannte man dephlogistisirt, welches also gleichbedeutend mit verbrannt war. Das Phlogiston war ein hypothetischer Körper, aber dessenungeachtet nahmen Stahl, wie dessen Nachfolger, die Existenz desselben als so ausgemacht und unzweifelhaft an, daß sie nicht einmal den Versuch machten, diesen Stoff zu isoliren und mit anderen bekannten Körpern zu vergleichen; nur später traten Chemiker auf, welche das Phlogiston mit dem Lichtstoff identificirten, oder gar den färbenden Bestandtheil des Berlinerblaus als reines Phlogiston ansprachen, auch gegen Ende dieser Periode das Wasserstoffgas mit dem Phlogiston für gleichbedeutend hielten. Es mußte daher bald eine Verwirrung der verschiedenen Benennungen sich einstellen; so nannten z. B. Priestley, Cavendish u. A. den Sauerstoff dephlogistisirtes Wasser, seines Wasserstoffes beraubtes Wasser, obgleich man auch von denselben Chemikern die brennbare Luft als phlogistisirtes Wasser bezeichnet findet. Stahl definirte die Chemie als die Kunst, zusammengesetzte Körper in ihre Bestandtheile zu zerlegen und aus diesen die Verbindungen wieder zusammenzusetzen. Das Zeitalter der phlogistischen Theorie erkannte, daß alle Körper aus unzerlegbaren Urstoffen, Elementen zusammengesetzt seien, welche freilich noch als lauter hypothetische Grundstoffe bezeichnet wurden; die analytische Chemie wurde, unterstützt und gefördert durch solche Ansichten, während dieser Periode zu größerer Vollkommenheit ausgebildet. Als Zeitgenossen Stahl's bereicherten Hoffmann und Boerhave die Chemie mit vielen Untersuchungen und Entdeckungen, Marggraf († 1782) zerlegte eine große Menge Mineralkörper, St. Hales untersuchte in dem pneumatischen Apparate die Verbrennungsproducte vieler organischer und unorganischer Körper und ward dadurch Priestley's Vorgänger in der pneumatischen Chemie, eine Bahn, auf welcher Joh. Black († 1799), Cavendish († 1809) u. A. rüstig fortarbeiteten. Die mathematische Seite der theoretischen Chemie, die Erforschung der Gesetze, nach welchen die quantitativen Verhältnisse, in welchen die Stoffe sich vereinigen, bestimmt werden, fand ebenfalls ihre Ausbildung, wenn sie gleich bei der Ungenauigkeit der bisherigen Analysen nur diesen entsprechende, d. h. langsame Fortschritte machen und unvollkommen sich entwickeln konnte. Die mit Glück von Geoffroy begonnenen Untersuchungen wurden von Erxleben, Gellert u. A. fortgesetzt und namentlich von Torbern Bergmann († 1784) weiter ausgeführt; er gründete in Folge zahlreicher Analysen ein neues Mineralsystem, er gab zuerst eine vollständigere Lehre über die Reagentien und deren Wirkung und er führte schon die Analyse auf nassem Wege mit eini-

ger Vollkommenheit aus, er gab eine Anleitung zur Untersuchung von Gasgemengen bei der Analyse der Mineralwasser, und für die Analyse auf trocknem Wege hat er wesentliche Verdienste, indem er den Gebrauch des Löthrohrs zu verallgemeinern und namentlich für die Bestimmung und Unterscheidung der Mineralien geeignet zu machen suchte; seine wichtigsten Arbeiten bezogen sich aber auf die Lehre von der Verwandtschaft; er berichtigte und erweiterte die schon von Geoffroy aufgestellten Verwandtschaftstafeln, bestimmte die gegenseitige Affinität für nicht weniger als 59 verschiedene Körper und zwar stets in zwei Reihen das Verhalten auf trocknem Wege sowohl als auf nassem; auch die Erscheinungen der doppelten Wahlverwandtschaft zog er in das Bereich seiner Untersuchungen und erklärte dieselbe dadurch, daß die größte Summe der Anziehungen unter je zweien der einzelnen Bestandtheile den Erfolg der Zersetzung bedinge; selbst den Zusammenhang zwischen der Stärke der Verwandtschaft zweier Bestandtheile einer Verbindung zu einander und dem Mengeverhältniß, in welchem sie sich verbinden, suchte er auszumitteln. Den Schluß des Zeitalters der phlogistischen Chemie und zugleich den Uebergang zu der folgenden Periode der Geschichte der Chemie bezeichnen zwei Männer, denen für alle Zeiten eine Stelle unter den ausgezeichnetesten Männern der Wissenschaft gesichert bleibt, nämlich Scheele und Priestley. Carl Wilh. Scheele aus Stralsund († 1786) hat die Chemie mit unzähligen der glänzendsten Entdeckungen aus der organischen wie der unorganischen Welt bereichert; durch seine gründlichen Untersuchungen über die Verbrennung, Verkalkung, den Athmungs- und Vegetationsproceß bahnte er den Weg zu einem neuen glänzenden Zeitalter der Chemie, und er war recht eigentlich der Vorläufer Lavoisier's, obgleich er selbst noch im Geiste der Anhänger des Phlogistons nur auf qualitative Thatsachen, nicht auf quantitative Verhältnisse seine Ansichten gründete. Scheele entdeckte, daß die atmosphärische Luft aus zwei Gasen bestehe, von denen er den vorzugsweise wirkenden Bestandtheil die Feuerluft nannte, welcher etwas früher schon, den 1. Aug. 1774, von Priestley aus dem Quecksilberoxyd und dem Braunstein rein dargestellt worden war. Joh. Priestley († 1804) erwarb sich ganz besonderes Verdienst um die Chemie durch genauere Untersuchung der Gase, deren er viele und wichtige entdeckte; er wandte das Salpetergas zur Analyse der Luft an, dessen sich jedoch Cavendish zuerst mit größerer Sicherheit für diesen Zweck bediente; er beobachtete auch, daß Sauerstoffgas von der lebenden Pflanze ausgeschieden werde und schloß aus dieser und andern Beobachtungen, daß die durch den Athmungs- und Verbrennungsproceß verdorbene Luft durch den Vegetationsproceß wieder verbessert und aufs Neue befähigt werde, jene Processe zu unterhalten, so daß also durch diese Wechselwirkung die Zusammensetzung der Atmosphäre stets unverändert sich erhielte. Priestley war der letzte eifrige Vertheidiger des Phlogistons und hielt fest an demselben bis an seinen Tod, selbst nachdem schon längst die antiphlogistische Theorie allgemeine Anerkennung sich verschafft hatte. Außer den Entdeckungen Scheele's und Priestley's, welche als die Grundlagen eines neu entstehenden Gebäudes betrachtet werden können, erwähnen wir noch der wichtigen Untersuchungen von Cavendish († 1810), welcher ein Zeitgenosse Priestley's, wie dieser niemals als Gegner der phlogistischen Theorie sich bekannte, ungeachtet seine eignen Entdeckungen vorzugsweise als Stütze der neuen antiphlogistischen Theorie dienten; er wies nämlich zuerst nach, daß das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt sei, indem er aus beiden

Gasarten durch Verbrennung derselben künstliches Wasser bereitete von gleichem Gewichte, wie das der beiden Gasarten zusammen war; er fand, daß salpetrige Säure sich erzeuge, wenn Stickoxyd mit dem Sauerstoff der Atmosphäre sich verbindet, und daß die Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff bestehe, indem er diese Säure aus einem Gemenge beider Gase bildete, durch welches er anhaltend elektrische Funken durchschlagen ließ. Diese quantitativen Untersuchungen mußten ganz natürlich zum Sturze des Phlogistons führen.

Lavoisier († 1794) war es vorbehalten, mit Benutzung früher erforschter Thatsachen und gestützt auf eigene, an Genauigkeit alles Frühere übertreffende Untersuchungen, die Unhaltbarkeit der phlogistischen Theorie in ihrem ganzen Umfange nachzuweisen. Er fand mit Hülfe der verbesserten Wage, daß bei der Verkalkung der Metalle nicht, wie man früher glaubte, eine Zersetzung, eine Entweichung eines luftförmigen, unwägbaren oder sogar negativ schweren Körpers stattfinde, sondern vielmehr eine Verbindung zweier wägbarer Körper vor sich gehe; er fand nämlich, daß die Gewichtszunahme bei dem Verkalken genau dem Gewichte des Metalles plus dem des aus der atmosphärischen Luft verzehrten Gases sei; die Luft wog genau so viel weniger, als das Metall an Gewicht zugenommen hatte; der Körper, welcher mit dem Metalle eine Verbindung einging, wurde sehr bald als die Feuerluft oder Lebensluft erkannt; ebenso zeigte Lavoisier, daß bei der Reduction der Metallkalke durch Kohle die durch Verbrennung der letztern gebildete Luft genau so viel wog, als die Kohle und der Metallkalk an Gewicht verloren hatten, und daß die neu gebildete Luft gleichbedeutend sei mit der früher fixe Luft oder Luftsäure genannten Substanz, aus Kohlenstoff und Lebensluft bestehe und mit dem Namen der Kohlensäure zu bezeichnen sei. Denselben Bestandtheil, die Lebensluft, fand Lavoisier in vielen andern Säuren, selbst in den Pflanzensäuren und sah dieses Gas deswegen als das allgemeine säurebildende Princip an und nannte es Oxygène, und da die Verbindungen der Metalle mit diesem Körper nicht eigentliche Säuren waren, so nannte er dieselben Oxyde. Es begann jetzt das Zeitalter der quantitativen Untersuchungen; die von Lavoisier in die Wissenschaft eingeführten Gewichtsbestimmungen wurden auf alle Theile der Chemie ausgedehnt und vorzugsweise die Lehre von der Verwandtschaft neu gestaltet, indem dieselbe durch die neu aufgefundenen Proportionen, nach welchen die Körper mit einander in Verbindung treten, eine wesentliche Veränderung erleiden mußte. Als man die künstlich dargestellten, wie die in der Natur vorkommenden Verbindungen der quantitativen Analyse unterwarf und fand, daß mit einer gewissen Menge einer und derselben Substanz auch stets bestimmte Mengen anderer Körper sich vereinigen, wurde der Begriff des chemischen Aequivalentes in die Wissenschaft eingeführt; das Aequivalentgewicht einer Verbindung ergab sich entweder einfach als die Summe der Aequivalentgewichte ihrer Bestandtheile, oder die letzten waren in bestimmten multiplen Proportionen zugegen; es wurde der Grund zur Stöchiometrie (s. d. Art.) gelegt oder zu der Lehre von den constanten, einfachen Gewichtsverhältnissen, welche die Körper bei ihrer gegenseitigen Vereinigung stets unter sich beobachten. Zur Erklärung dieser Gesetzmäßigkeit wurde die Atomentheorie aufgestellt, welche für die Entwicklung der Chemie eine besondere Bedeutung gewann, als man die Atome mit den Aequivalenten als gleichbedeutend oder in sehr naher Beziehung stehend erkannte; man fand ferner, daß die Körper nicht nur nach bestimmten Gewichtsverhältnissen zusammentreten, sondern auch dem

Maße, dem Volumen nach in einfachen Proportionen sich verbinden; die Volumtheorie wurde eine Stütze der Atomtheorie. Von großer Bedeutung aber für die theoretischen Bestrebungen dieses Zeitalters wurde der innige Zusammenhang, welcher jetzt zwischen der Physik und der Chemie immer klarer sich herausstellte; die Dichtigkeit der gasförmigen Körper wurde ein Moment für die Bestimmung ihrer atomistischen Zusammensetzung, die specifische Wärme und andere Erscheinungen an den Körpern, welche bisher ausschließlich als der Physik angehörig betrachtet worden waren, gewannen neues Interesse, als man entdeckte, daß die physikalischen Eigenschaften eines Körpers mit seiner chemischen Zusammensetzung in genauem Zusammenhange stehen, und die ersteren zum großen Theil eine Folge der letztern sind, aus seiner chemischen Zusammensetzung sich ableiten lassen. Ganz besonders trug die Erkenntniß und das Studium der Wechselwirkung zwischen Elektricität und der chemischen Verwandtschaft der Körper dazu bei, die letztere in ihren Eigenthümlichkeiten näher kennen zu lernen und klarer aufzufassen; die chemischen Verbindungen und Zersetzungen, welche durch den galvanischen Strom bewerkstelligt wurden, sowie auf der andern Seite die Entdeckung, daß durch den chemischen Proceß Elektricität erzeugt werde, führten zu der Ansicht, daß die chemische Verwandtschaft der Körper nichts anderes sei, als die Anziehung der entgegengesetzten Pole, zweier mit entgegengesetzter Elektricität versehener Körper, mit deren Vereinigung die elektrische Spannung gänzlich oder zum Theil aufhöre und nur durch Zuführung von freier negativer oder positiver Elektricität aufs Neue wiederum hervorgebracht werden könne bis zur Trennung und Zerlegung der Verbindung, wenn eben die Atome des einen Bestandtheiles vermöge ihrer Eigenthümlichkeit eine höhere polarische Spannung annehmen als die des andern und dadurch sich gegenseitig abstoßen, von einander entfernen. Berzelius wurde der Gründer der elektro-chemischen Theorie, welche, allgemein angenommen, noch bis auf den heutigen Tag ihre Herrschaft behauptet hat, wenn man gleich in der neuesten Zeit, namentlich durch Beobachtungen veranlaßt, welche auf dem Gebiete der gegenwärtig kräftig sich entwickelnden organischen Chemie gemacht worden sind, besonders von Frankreich aus versucht, die allgemeine Gültigkeit dieser Theorie anzugreifen und dieselbe dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft nicht als völlig genügend betrachtet. (Vergl. d. Art. Elektrochemie.)

Für die Verbreitung der antiphlogistischen Theorie waren unter den Zeitgenossen und Landsleuten Lavoisier's besonders Berthollet, Guyton de Morveau und Fourcroy thätig, welche durch zahlreiche und interessante Untersuchungen sich einen bleibenden Namen in der Geschichte der Chemie erworben haben, und unter denen de Morveau († 1816) eine mit den neueren Forschungen und theoretischen Ansichten im Einklange stehende Nomenclatur einführte, welche Kürze und Wohllaut mit der Andeutung der chemischen Zusammensetzung verband und nach einem Principe ausgearbeitet war, welches bis in die neueste Zeit die chemische Nomenclatur festgehalten hat. François de Fourcroy († 1809) unterwarf eine große Anzahl organischer Stoffe der Untersuchung, wie besonders die Bestandtheile des thierischen Körpers im gesunden und kranken Zustande, zum Theil in Gemeinschaft mit Vauquelin († 1829), welcher denselben Weg später allein weiter verfolgte und Arbeiten lieferte, durch welche namentlich die analytische Chemie zu einer höhern Vervollkommnung und Sicherheit gelangte und die organische Chemie für ihre jetzige Ausbildung vorbereitet wurde. Ber-

thollet († 1822) war der geistreichste Anhänger der Lavoisier'schen Lehre und der scharfsinnigste Chemiker seiner Zeit; ihm verdanken wir genauere Untersuchungen über das Ammoniak, das Chlor, die Blausäure, das Schwefelwasserstoffgas, und ganz besonders wichtige Arbeiten über die Verwandtschaft; er lehrte uns, daß der Erfolg der chemischen Anziehungskraft zwischen zwei oder mehreren Körpern keineswegs durch die größere oder geringere Stärke derselben allein bedingt werde, sondern die Cohäsion und Elasticität der neu sich bildenden Körper einen wesentlichen Einfluß ausüben; denn da die Verwandtschaft nur bei unmittelbarer Berührung der kleinsten Theilchen der Körper sich äußern kann, so muß sich ein Körper der chemischen Action auch entziehen durch Unlöslichkeit oder durch Entweichen im gasförmigen Zustande. Berthollet war der Ansicht, daß zwei Körper in allen Verhältnissen sich vereinigen könnten, wenigstens innerhalb zweier äußersten Grenzen, und daß nur das Vorwalten von Cohäsion oder Elasticität bei einem Körper, zu dessen Aufhebung eine gewisse Menge eines andern nöthig sei, das Vorkommen bestimmter Proportionen in den Verbindungen bedinge; — eine Ansicht, welche zwischen Berthollet und Proust († 1826) einen lebhaften wissenschaftlichen Streit herbeiführte, welcher von beiden Seiten mit ebenso großer Mäßigung als Scharfsinn geführt und endlich zu Gunsten des Letzteren entschieden wurde, indem durch zahlreiche genaue Analysen und Versuche allgemein die Ueberzeugung sich verbreitete, daß je zwei verschiedene Körper nur in wenigen und sprungweise sich ändernden Verhältnissen zu chemischen Verbindungen sich vereinigen. Klaproth († 1817) war der erste Chemiker Deutschlands, welcher sich für die antiphlogistische Theorie erklärte und damit sich der quantitativen Untersuchungsweise zuwandte, welche er selbstständig weiter führte, und hinsichtlich der Mineralanalysen zu einem hohen Grade der Genauigkeit vervollkommnete; er bereicherte das Gebiet der Chemie durch die Entdeckung einer Menge neuer unzerlegbarer Stoffe oder Elemente und die Beschreibung ihrer Verbindungen. Die Analysen Klaproth's, wie seines Zeitgenossen Vauquelin, dienten als glänzende Bestätigung der von Proust zuerst erkannten Wahrheit, daß alle chemischen Verbindungen nach festen und bestimmten Verhältnissen zusammengesetzt sind. Während des Kampfes der antiphlogistischen gegen die phlogistische Theorie und während der Streit zwischen Berthollet und Proust die Aufmerksamkeit der Chemiker auf sich zog, fanden Wenzel bereits 1777 und nach ihm Richter (von 1792 an), daß gewisse Neutralisationsreihen hinsichtlich der Säuren und Basen aufgestellt werden könnten, indem diejenigen Quantitäten verschiedener Basen, welche eine bestimmte Gewichtsmenge einer Säure neutralisiren, auch eine und dieselbe Quantität jeder andern Säure zu neutralisiren im Stande sein, und daß also die genaue Analyse aller Salze einer Säure und eines Salzes jeder andern Säure hinreiche, um durch einfache Rechnung die Zusammensetzung aller übrigen Salze aufzufinden (s. d. Art. Stöchiometrie). John Dalton wurde der eigentliche Gründer der Lehre von den chemischen Aequivalenten oder der atomistischen Theorie; er schloß aus der Thatsache, daß, wenn ein Körper mit einem andern sich in mehreren Verhältnissen verbindet, dieses immer in Gewichtsmengen geschieht, die unter sich eine ganz einfache Zahlenproportion bilden, auf die Existenz von kleinsten Theilchen, deren Gewicht bei jedem Elemente verschieden ist; aus der Vereinigung weniger Atome zweier Körper entsteht das Atom einer Verbindung, so daß ein Atom des einen Bestandtheils sich mit 1,2 oder 3 At. des andern vereinigt.

Eine Erweiterung erlitt die Atomtheorie durch die glänzenden Arbeiten Gay-Lussac's, welcher darthat, daß die Körper nicht allein nach bestimmtem Gewichte, sondern auch nach einfachen Volumverhältnissen sich vereinigen, und daß die Zahl der Volumina in einer Verbindung meist übereinstimmend sei mit der ihrer Atome. Gay-Lussac untersuchte, zum Theil im Verein mit andern Chemikern und Physikern, wie Alex. v. Humboldt, Thenard und Liebig, eine Menge für die Entwicklung der Chemie wichtiger Gegenstände, und gleichzeitig wurde die Elektrochemie (s. d. Art.), worüber zuerst Nicholson und Carlisle Beobachtungen mitgetheilt hatten, durch die Forschungen von Berzelius, Hisinger, H. Davy u. A. ausgebildet, und namentlich durch den Ersten die Bedeutung der elektrochemischen Erscheinung für die Erklärung der Ursache chemischer Processe überhaupt dargethan. Die zahlreichen und musterhaften Untersuchungen, welche Berzelius während dieses Jahrhunderts in ununterbrochener Thätigkeit ausführte, dienten zur Bestätigung der atomistischen Theorie und der Lehre von den multiplen Proportionen, und brachten erst die durchgreifende Sicherheit in der praktischen Ausführung chemischer Untersuchungen, wie in der Klarheit theoretischer Anschauungen hervor, deren wir uns gegenwärtig rühmen können; er erhob die Chemie erst vollständig zu dem unbestrittenen Range einer selbstständigen, hochgeachteten und über die ganze Naturforschung ein immer helleres Licht verbreitenden Wissenschaft; er war auch, nebst Gay-Lussac und Thenard, thätig auf dem Gebiete der organischen Chemie, es wurden von ihm und den angeführten Männern zuerst genaue Elementaranalysen ausgeführt und mit der Vereinfachung der Methode der letztern der feste Grundstein gelegt zu der von jetzt an rasch sich entwickelnden und vervollkommnenden Lehre der organischen Verbindungen. Die jetzigen Koryphäen der Wissenschaft, Männer wie Faraday, bekannt durch seine elektrochemischen Forschungen, Mitscherlich, mit dessen Entdeckung des Isomorphismus die Chemie einen neuen Aufschwung erhielt, H. Rose, ausgezeichnet durch seine Verdienste um die analytische Chemie, und besonders Liebig, Wöhler und Dumas, denen wir vor Allen die raschen Fortschritte verdanken, welche die organische Chemie in den letzten Jahrzehnten gemacht hat, diese Männer arbeiten noch gegenwärtig rastlos thätig fort, von Jahr zu Jahr bereichern sie die Wissenschaft mit wichtigen Entdeckungen und geistreichen Ideen, welche von ihren Schülern aufgenommen und erweitert, mit Recht das Staunen und die Bewunderung der Mitwelt erregen; täglich nimmt mit der allgemeinen Begeisterung für die Chemie auch die Zahl ihrer Jünger zu, und täglich gewinnt sie an Bedeutung für eine gründliche und klare Auffassung der übrigen Naturwissenschaften, sowie an Einfluß auf Handel, Industrie und Gewerbe, auf die ganze materielle und geistige Wohlfahrt des Menschen.

Am Schluß dieser Uebersicht der Entwicklungsgeschichte der Chemie theilen wir kurz die wichtigere chemische Literatur mit, wobei wir vorzugsweise auf die chemischen Zeitschriften Rücksicht nehmen zu müssen glauben, da die Chemie nur mit Benutzung derselben gründlich studirt werden kann, indem hier sämmtliche Original-Arbeiten niedergelegt und von hier aus erst in die zahlreichen Lehr- und Handbücher, sowie in Einzelschriften übergegangen sind, von welchen wir nur beispielsweise einige der verbreiteteren anführen wollen.

Aeltere chemische Zeitschriften, welche gegenwärtig nicht mehr erscheinen:

Chemisches Journal für die Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen, von Dr. Lorenz Crell; Lemgo 1778—1781. 6 Bände.

Die neuesten Entdeckungen in der Chemie, gesammelt von Dr. Lor. Crell; Leipzig 1781—1784. 12 Theile.

Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen, von Dr. Lor. Crell; Helmstädt 1784—1803. 40 Thle.

Allgemeines Journal der Chemie, herausgeg. v. Alex. Nic. Scherer; Leipzig 1799—1803. 10 Thle.

Nordische Blätter für die Chemie, v. Alex. Nic. Scherer; Halle 1817. 1 Bd.

Allgemeine Nordische Annalen für die Chemie, v. Alex. Nic. Scherer. Petersburg 1819—1822. 8 Bde.

Neues allgemeines Journal der Chemie, v. Dr. A. F. Gehler; Berlin 1803—1806. 3 Thle.

Journal für die Chemie und Physik, v. Dr. A. F. Gehler; Berlin 1806—1807. Thl. 1—3; Journal für die Chemie, Physik und Mineralogie, 1807—1810. Thl. 4—9.

Journal für Chemie und Physik, v. Joh. Sam. Schweigger, zeitweise zugleich von Meinecke und Schweigger-Seidel; Halle 1811—1833. 69 Bde.

Magazin für den neuesten Zustand der Naturkunde, v. Joh. Heinr. Voigt; Jena, Weimar 1797—1806. 12 Bde.

Journal der Physik, v. F. A. C. Gren; Halle u. Leipz. 1790—1794. 8 Bde.

Neues Journal der Physik, v. F. A. C. Gren; Leipzig 1795—1797. 4 Bde.

Annalen der Physik, angefangen von Dr. F. A. C. Gren, fortgesetzt von Ludw. Wilh. Gilbert; Halle 1799—1824. 76 Bde.

Journal der Pharmacie für Aerzte u. Apotheker, v. Dr. Joh. Barth. Trommsdorff; Leipzig 1794—1816. 26 Bde.

Neues Journal der Pharmacie für Aerzte, Apotheker und Chemiker, v. Dr. Joh. Barth. Trommsdorff; Leipzig 1817—1833. 27 Bde.

Archiv des Apothekervereins im nördl. Deutschland für Pharmacie und deren Hülfswissenschaften, von Dr. Rud. Brandes; Schmalkalden 1822—1824, dann Lemgo 1824—1831. 39 Bde.

Taschenbuch für Scheidekünstler u. Apotheker; Weimar 1780—1829. 50 Bde.

Magazin für Pharmacie und die dahin einschlagenden Wissenschaften, zuerst v. Dr. G. Fr. Hänle (1823 u. 1824), dann v. Dr. Ph. L. Geiger, 1824—1831; Karlsruhe, 36 Bde.

Journal für technische und ökonomische Chemie, von O. L. Erdmann; Leipzig 1828—1833. 18 Bde.

Archiv für die gesammte Naturlehre, von K. W. G. Kastner; Erlangen. Von 1830 an, mit dem 19. Bande, unter dem Titel: Archiv für Chemie und Meteorologie. Im Ganzen 1824—1835. 27 Bde.

Zeitschrift für Physik u. Mathematik, von Baumgartner u. Ettingshausen; Wien 1826—1831. 10 Bde.

Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts, par Rozier, — Delamétherie, — Ducrotay de Blainville, Paris 1771—1823. 96 Bde.

Memoires de Physique et de Chimie de la société d'Arcueil; Paris 1807—1817. 3 Bde.

Annales de Chimie, ou recueil de mémoires concernant la chimie et les arts qui en dépendent, et spécialement la pharmacie; Paris 1789—1815. 96 Bde.

Annales de chimie et physique, par Gay-Lussac et Arago; Paris 1816—1840. 75 Bde.

Annales du Muséum d'histoire naturelle; Paris 1802—1813. 20 Bde.

Nouvelles Annales du Musée d'histoire naturelle; Paris 1832—1835. 4 Bde.

Bibliothèque britannique. Sciences et Arts. Genève 1796—1815. 60 Bde.

Bibliothèque universelle. Sciences et Arts. Genève 1816—1835. 60 Bde.

Journal des Mines; Paris 1794—1815. 38 Bde.

Bulletin de Pharmacie, par Cadet, Planche, Boullay etc. Paris 1809—1814. 6 Bde.

Philosophical Magazine and Journal, by Tilloch (and Taylor); London 1798—1826. 68 Bde.

Annals of philosophy; London. Die ersten 16 Bände bis 1820, by Thomas Thomson; die folgenden 12 als New Series, by Rich. Phillips. Im Ganzen von 1813—1826, 28 Bde.

The Philosophical Magazine and Annals, by Rich. Taylor and Rich. Phillips. 1827—1832. 11 Bde.

The quarterly Journal of Science, Literature and Art; London 1816—1827. 22 Bde. New Series, 1827—1830. 7 Bde.

The Edinburgh Journal of Science, by David Brewster; Edinburgh and London 1824—1829. 10 Bde.

The Edinburgh philosophical Journal, by Rob. Jameson (bis zu 1824 auch: by David Brewster); Edinburgh 1819—1826. 14 Bde.

Giornale di fisica, chimica e storia naturale di Luigi (später di Gaspari) Brugnatelli; Pavia 1808—1826. 19 Bde.

Bibliotheca italiana; Milano 1816—1840. 100 Bde.

Chemische Zeitschriften, welche noch gegenwärtig erscheinen:

Journal für praktische Chemie, von O. L. Erdmann; bis 1836 mit Schweigger-Seidel, seit 1839 mit R. F. Marchand; Leipzig 1834—1848. 45 Bde.

Annalen der Physik u. Chemie, v. Poggendorff; Leipz. 1824—1848. 75 Bde.

Annalen der Chemie u. Pharmacie, neben Liebig zeitweise zugleich herausg. von Geiger, Brandes, Trommsdorff, Merk, Mohr, seit 1838 von Liebig u. Wöhler; im Ganzen 1832—1848, 68 Thle.

Berlinisches Jahrbuch der Pharmacie; Berlin 1795—1841. 45 Bde. Wird fortgesetzt.

Repertorium für Pharmacie, von Dr. Joh. Andr. Buchner (der 1. Bd. von Dr. Ad. Ferd. Gehler). Erlangen 1815—1843. 80 Bde. Wird fortgesetzt.

Archiv der Pharmacie des Apothekervereins im nördl. Deutschland, von Rud. Brandes; seit 1838 (Bd. 15) zugleich von Heinr. Wackenroder; zweite Reihe 1835—1848. 56 Thle.

Zeitschrift für Physik u. verwandte Wissenschaften, von Baumgarten (seit 1837 von Holger); Wien 1832—1840. 6 Bde. Wird fortgesetzt.

Jahresbericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften, von J. J. Berzelius; Tübingen 1822—1847. 26 Bde.

Annales de Chimie et de Physique, par Gay-Lussac, Arago, Dumas, Pelouze, Boussingault et Regnault; Troisième Série; Paris 1841—1848. 24 Bde.

Journal de Pharmacie et de sciences accessoires, contenant le bulletin de la Société de Pharmacie à Paris, par Bouillon-Lagrange, Planche, Boullay, Boudet etc. etc. et P. J. Robiguet; Paris 1815—1841. 27 Bde. Nouv. Sér. 1842—1848. 14 Bde.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie, par Chevallier, Fée, Guibourt, Julia-Fontenelle, Laugier, Orfila, Payen, Pelletan, Lassaigne, Richard, Robinet, Segalas D'Ete Lepare; Paris 1825—1844. 24 Bde.

Bibliothèqne universelle de Genève; Nouv. Série, 1836—1848. 78 Bde.

Annales des Mines; Paris. Première Série, 1816—26. 13 Bde. — Deuxième Série, 1827—30. 8 Bde. — Troisième Série, 1832—41. 20 Bde. — Quatrième Série, 1842—48. 14 Bde.

Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l'Academie des Sciences. Paris 1835—1848. 23 Bde.

Philosophical Transaction (of the royal Society of London); Lond. 1665—1848.

The London and Edinburgh philosophical Magazine and Journal of Science by Brewster, Taylor and R. Phillips. 1832—1848. 32 Bde.

The Edinburgh New philosophical Journal, by Rob. Jameson; Edinburgh 1826—1848. 46 Bde.

The American Journal of Science and Arts, by Silliman; Newhaven 1819—1848. 54 Bde.

Aus den allgemeiner verbreiteten der angeführten deutschen und französischen Zeitschriften findet man die Literatur der organischen Chemie übersichtlich und vollständig zusammengestellt in:

Quellen-Literatur der theoretisch-organischen Chemie, oder Verzeichniß der von Anfang des letzten Viertheils des vorigen Jahrhunderts bis zum Schluß des Jahres 1844 ausgeführten chemischen Untersuchungen über die Eigenschaften und die Constitution der organischen Substanzen, ihrer Verbindungen und Zersetzungsproducte; ausgearbeitet von Dr. Emil Th. Wolff; Halle 1845.

Lehr- und Handbücher:

Handbuch der Chemie, von Leop. Gmelin, 4. Aufl. Heidelberg 1843—48. Bisher 4 Bände erschienen.

Lehrbuch der Chemie, von J. J. Berzelius; 4. Aufl. Dresd. u. Leipz. 1844—48. 5 Bde.

Handbuch der angewandten Chemie, von J. Dumas; übersetzt von G. A. u. Fr. Engelhart. Nürnberg 1830—48. 8 Bde.

Handbuch der Chemie, von Dr. Justus Liebig; 1. Bd. der neuen Bearbeitung von Geiger's Handbuch der Pharmacie; Heidelberg 1843.

Lehrbuch der Chemie, von E. Mitscherlich, 4. Aufl.; Berlin 1843 ff. 2 Bde.

Lehrbuch der Chemie, von Thom. Graham, bearb. von F. J. Otto; 2. Aufl. Braunschweig 1847, Bis jetzt 3 Bde.

Zur analytischen Chemie:

Handbuch der analytischen Chemie, von H. Rose; 4. Aufl. Berlin 1838. 2 Bde.
Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse, v. Dr. C. R. Fresenius, 5. Aufl. Braunschweig 1847; und Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, 2. Aufl. Ebend.
Die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie, von J. J. Berzelius; 2. Aufl. Nürnberg 1828.
Probirkunst mit dem Löthrohr, von Ed. Harkort; Freiberg 1827.
Probirkunst mit dem Löthrohr, von Carl Fr. Plattner, 2. Aufl. Leipz. 1847.

Zur Geschichte der Chemie:

Geschichte der Chemie, von Dr. Herm. Kopp; Braunschw. 1843—47. 4 Bde.
Histoire de la Chimie, par Höfer; Paris 1843. Bisher nur 1 Bd. erschienen.

Zur technischen Chemie:

Handbuch der technischen Chemie, von Dr. E. Ludw. Schubarth, 3. Aufl. Berlin 1839—40. 3 Bde.
Lehrbuch der technischen Technologie, von Dr. F. Knapp; Braunschweig 1847—1848. 2 Bde.
Lehrbuch der pharmaceutischen Technik, von Dr. Fr. Mohr; Braunschw. 1847.

Zur Agricultur-Chemie und physiologischen Chemie:

Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, von J. Liebig, 6. Aufl.; Braunschw. 1845.
Die Thier-Chemie, oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie, von J. Liebig, 3. Aufl.; Braunschw. 1845.
Lehrbuch der rationellen Praxis der landwirthschaftl. Gewerbe, von Dr. Fr. Jul. Otto, 3. Aufl. unter Mitwirkung von Carl Siemens; Braunschw. 1848.
Lehrbuch der Chemie für Landwirthe, Forstwirthe und Cameralisten, von Dr. C. R. Fresenius; Braunschw. 1847.
Die chemischen Forschungen auf dem Gebiete der Agricultur und Pflanzenphysiologie, von Dr. Emil Wolff; Leipzig 1847. E. W.

Chlor, Chlorine, Halogen, oxygenirte, dephlogistisirte, entbrennbarte Salzsäure, Bleichsäure; Chlorum, Acidum muriaticum oxygenatum (Atomgew. = 221,65, Aequivalentzahl = 443,3; chemisches Zeichen = Cl), wurde 1774 von Scheele zuerst dargestellt und von ihm als Anhänger der phlogistischen Theorie dephlogistisirte Salzsäure genannt, während Berthollet, im Sinne der antiphlogistischen Theorie, diesem Körper den Namen der oxygenirten Salzsäure beilegte, welchen er behielt, bis Gay-Lussac und Thenard die Ansicht aussprachen, daß er ebenso gut als eine einfache Substanz betrachtet werden könne, indem alle seine chemischen Eigenschaften mit der letztern Annahme übereinstimmten; H. Davy endlich sprach 1810 zuerst sich entschieden aus für die Einfachheit des Chlors und gab demselben auch seinen jetzigen Namen. Das Chlor kommt häufig in der Natur vor, besonders in Verbindung mit Natrium als Kochsalz im Meerwasser und in Salzsoolen oder als Steinsalz im Mineralreiche, ebenfalls im thierischen und vegetabilischen Organismus, auch verbunden mit Kalium, Calcium, Magnium, Blei, Quecksilber, Silber und als Salmiak. Das Chlor gewinnt man im reinen Zustande in Gasform durch Erhitzen

von Braunstein mit Salzsäure (auf 1 Theil Braunstein 3 Th. mäßig starke Salzsäure) oder mit Kochsalz und verdünnter Schwefelsäure (1 Th. Braunstein, 1 Th. Kochsalz und $2^1/_2$ Th. Schwefelsäure); die Darstellung des Chlorgases im Großen (wobei z. B. die folgenden Verhältnisse angewendet werden: 110 Pfd. Salz, 82,75 Pfd. Braunstein fein gepulvert und gut gemengt, mit 165 Pfd. mit gleichen Raumtheilen Wasser verdünnter Schwefelsäure übergossen) geschieht entweder in großen Glaskolben, die im Sandbade erhitzt werden, oder in irdenen Flaschen über freiem Feuer, oder besonders in bleiernen Gefäßen, welche mittelst Dampf geheizt werden. Das Chlorgas hat eine gelblich-grüne oder blaßgelbe Farbe, ein spec. Gewicht nach Dalton = 2,34, nach Gay-Lussac und Thenard = 2,47, ein Lichtbrechungsvermögen = 2,623, ist nicht brennbar; ein Wachslicht brennt in dem Gase dunkel fort, und mit glimmendem Dochte hineingebracht, entflammt es wieder; ein brennender Holzspahn brennt nur kurze Zeit mit schwacher Flamme fort; Phosphor und mehrere Metalle, wie Wismuth, Antimon, Arsenik u. a. verbinden sich mit dem Chlor unter Feuererscheinung; es schmeckt und riecht kratzend, stechend, nicht sauer, erregt, in geringer Menge eingeathmet, Husten, Schnupfen, Beklemmungen und Erstickungs-Zufälle, in größerer Menge und öfters eingeathmet Blutspeien, Schwindsucht und den Tod; es zerstört miasmatische, übelriechende und ansteckende Krankheitsstoffe, und im feuchten Zustande die Farbe des Lackmus wie überhaupt alle Pflanzenfarben. Unter einem Druck von 4—5 Atmosphären und bei niedriger Temperatur condensirt sich das Chlorgas zu einer klaren, dunkelgrünlichgelben, dünnen Flüssigkeit, welche ein specif. Gewicht 1,33 hat, bei $-17{,}8^0$ noch nicht gefriert und das Licht etwas schwächer bricht als das Wasser; das verdichtete, über der Flüssigkeit befindliche Gas hat eine pomeranzengelbe Farbe. Das Chlor verbindet sich bei 0^0 mit Wasser zu einem Hydrat, welches 10 At. (71,77 Proc.) Wasser enthält (= Cl + 10 HO); es stellt eine hellgelbe durchscheinende Masse dar von ungefähr 1,2 specif. Gewicht, welche entweder dendritisch oder zuweilen in Nadeln und rhombischen Octaedern krystallisirt, und in einer zugeschmelzenen Glasröhre bei $+ 15{,}5^0$ noch unverändert bleibt, bei 38^0 in wässeriges und flüssiges Chlor sich scheidet, indem sich zwei Flüssigkeitsschichten bilden, welche bis $+ 20^0$ erkältet, wieder zu krystallisirtem Hydrat sich vereinigen. Das Wasser absorbirt bei gewöhnlicher Temperatur ungefähr 2 Maß Chlorgas, erhält dadurch ein specif. Gewicht von 1,003, eine gelbliche Farbe und den Geruch wie den Geschmack des freien Chlors; es zersetzt sich allmälig schon im Dunkeln, und schneller im Sonnenlichte unter Bildung von Salzsäure und Entweichung von Sauerstoffgas. Das Chlorwasser löst, wie das Königswasser, Gold auf und verhält sich ähnlich dem feuchten Chlorgase und dem wässerigen Chlorkalke bleichend gegen die Pflanzenfarben, indem das Wasser unter Entwicklung von Sauerstoffgas sich zersetzt, welches mit der Oxydation des Pflanzenstoffes auch dessen Farbe zerstört, auf ähnliche Weise, wie z. B. die freie Salpetersäure oder die Chlorsäure entfärbend auf die Indigolösung einwirkt. Das Chlorwasser wird angewendet zum Bleichen von Leinewand, Kattunen, von Lumpen zur Papierfabrikation, von Seide, Schwämmen, des Palmöles zur Seifenbereitung, des Talges rc.; Wolle und auch Strohgeflechte können nicht gut durch Chlor gebleicht werden, da namentlich die erstere von demselben zu stark angegriffen wird. Ueber die Prüfung des Gehaltes an freiem Chlor in dem Chlorwasser giebt der Art. Chlorometrie Auskunft.

Der Oxydationsstufen des Chlors giebt es mehrere; die niedrigste wird un-

terchlorige Säure (ClO) genannt, und dargestellt durch Einwirkung des Chlorgases auf Quecksilberoxyd und Wasser und mehrmaliges Destilliren der Flüssigkeit; das zuerst übergehende Destillat ist die concentrirteste wässerige Auflösung dieser Säure, welche von dem Wasser getrennt und im freien gasförmigen Zustande erhalten wird bei der Auflösung von trocknem salpetersauren Kalke oder verglas'ter Phosphorsäure in dieser Flüssigkeit; es entwickelt sich dann rasch und unter Aufbrausen die unterchlorige Säure als ein gelbes Gas, welches etwas dunkler ist als das Chlorgas und einen diesem ähnlichen, aber doch deutlich verschiedenen Geruch besitzt; beim Erhitzen und oft schon bei gewöhnlicher Temperatur zerfällt es unter Explosion und Feuererscheinung in Chlor und Sauerstoff; bei gewöhnlicher Temperatur verpufft dieses Gas heftig durch Berührung mit Kohle, Phosphor, Phosphorwasserstoffgas, Schwefel, Schwefelkohlenstoff, Ammoniakgas u. s. w.; mit salzsaurem Gase zersetzt es sich in Wasser und Chlor, viele Metalle, wie Kalium, Arsenik, bewirken eine Explosion unter Feuererscheinung. Das Wasser absorbirt das Gas schnell, wie es scheint über 100 Maß desselben, nimmt dadurch die gelbe Farbe und den Geruch des Gases an, wirkt stark ätzend und zerstörend auf die Haut ein unter rothbrauner Färbung derselben; an der Luft verflüchtigt sich die meiste Säure; im Dunkeln zersetzt sich die wässerige Auflösung langsam, am Tageslicht schneller und im Sonnenlicht in wenigen Augenblicken, wobei sich Chlorgas und Sauerstoffgas entwickelt und im Wasser Chlorsäure aufgelöst zurückbleibt. Die unterchlorige Säure ist eine sehr schwache Säure, welche jedoch die kohlensauren Alkalien unter Aufbrausen zersetzt; die unterchlorigsauren Salze stellt man dar durch Auflösen der basischen Oxyde in der wässerigen Säure unter Vermeidung aller Erhitzung; sie schmecken ätzend und zusammenziehend, zersetzen sich mit Wasser in Berührung im Dunkeln langsam, rascher im Tageslichte und im Sonnenlichte sehr schnell, meistens unter Entwicklung von Sauerstoffgas, in Chlormetall und chlorsaures Salz, um so schneller, wenn ein Ueberschuß von Säure vorhanden ist, während durch das Vorwalten der Basis die Zersetzung bedeutend verlangsamt wird. Die unterchlorigsauren Salze zerstören die organischen Farbstoffe und wirken bleichend, bei einem Ueberschuß von Alkali jedoch erst unter Zutritt einer Säure, sogar theilweise schon bei Gegenwart der Kohlensäure; mit Chlorkalien und überschüssiger Schwefelsäure in Berührung entwickeln sie nur Chlor, indem der Sauerstoff aus der unterchlorigen Säure zur Oxydation des Metalls im Chlormetall verwendet wird. Das wichtigste dieser Salze ist die unterchlorigsaure Kalkerde, der vorzugsweise wirkende Bestandtheil des Chlorkalkes, worüber das Nähere in den Artikeln Calcium und Chlorometrie enthalten ist. — Die chlorige Säure (Unterchlorsäure, Chloroxyd = ClO^4) erhält man durch Uebergießen von 1 Th. geschmolzenem chlorsauren Kali mit 4 Th. Vitriolöl und allmäliger Erhitzung des Gemenges bis auf 100°, als ein lebhaft gelb gefärbtes Gas, von erstickendem, aber etwas gewürzhaftem Geruch; es röthet zuerst das Lackmus und bleicht es dann; durch Druck oder starke Abkühlung condensirt es sich zu einer flüssigen, intensiv gelben, durchsichtigen Masse von 1,5 specif. Gewicht. Im Dunkeln bleibt das Gas unverändert, im Sonnenlicht zersetzt es sich rasch in seine Bestandtheile, bei rascher Erhitzung unter heftiger und gefährlicher Explosion, welche auch schon durch Schütteln mit Quecksilber und Berührung mit Phosphor oder Schwefel bewirkt wird. Wasser absorbirt 7 Maß dieses Gases und nimmt dadurch Farbe, Geruch und Geschmack desselben an. Die chlorigsauren oder unterchlorsau-

ren Salze verhalten sich den unterchlorigsauren ganz ähnlich; sie zerfallen in Wasser aufgelöst ebenfalls leicht in Chlormetalle und chlorsaure Salze. — Die Chlorsäure (ClO^5) bildet sich durch Sättigung einer kaustischen Alkalilösung mit Chlorgas ($6\,KO + 6\,Cl = 5\,KCl + KO,\,ClO^5$), Zersetzung des gebildeten chlorsauren Kalis mittelst Kieselflußsäure und Eindampfen unter 30°, oder durch Zersetzung des in Wasser aufgelösten chlorsauren Baryts mittelst verdünnter Schwefelsäure. Die wässerige Säure ist farblos, nur im sehr concentrirten Zustande etwas gelblich, sie entfärbt Lackmuspapier, indem sie es vorher röthet, schmeckt sehr sauer und zusammenziehend und riecht beim Erwärmen stechend, ähnlich der Salpetersäure, kalt und verdünnt ist sie geruchlos; am Lichte zersetzt sich die wässerige Chlorsäure nicht, über 40° erhitzt bildet sich unter Entwicklung von Chlor und Sauerstoff wässerige Ueberchlorsäure; an leicht oxydirbare Körper, wie schwefelige und phosphorige Säure, Schwefelwasserstoff, Weingeist, Aether, Fließpapier u. s. w. giebt sie Sauerstoff ab und wird durch diese Körper lebhaft und zuweilen unter Feuererscheinung zersetzt. Die chlorsauren Salze sind alle in Wasser auflöslich, zersetzen sich in der Hitze unter Entwicklung von Sauerstoffgas und Zurücklassung von Chlormetall, und verpuffen, mit brennbaren Stoffen gemengt, oft mit der größten Gewalt, sowohl durch Erhitzung, als auch den Stoß und durch Reiben (Zündhölzer). — Ueberchlorsäure entsteht bei Destillation der wässerigen Chlorsäure; sie ist im concentrirtesten wässerigen Zustande eine farblose, ölartige, geruchlose, stark saure, an der Luft etwas rauchende Flüssigkeit, von 1,65 specif. Gewicht, verdampft bei ungefähr 138° ohne Zersetzung und kocht bei 200°; sie zersetzt sich weder im Sonnenlichte, noch bei Berührung mit Schwefelwasserstoff, schwefliger Säure und Salzsäure. Im festen Zustande erhält man die Ueberchlorsäure bei der Destillation von 1 At. (oder 140 Th.) über chlorsaures Kali mit 4 At. (196 Th.) Vitriolöl als eine weiße talgähnlich krystallinische Masse oder in langen vierseitigen Säulen krystallisirt; sie schmilzt bei 45°, bildet an der Luft weiße Nebel und verbindet sich mit Wasser unter Zischen und lebhafter Wärmeentwicklung. Die überchlorsauren Salze sind in Wasser auflöslich, zerfließen zum Theil an der Luft, zersetzen sich in der Hitze, jedoch schwerer als die chlorsauren Salze, in Chlormetall und Sauerstoffgas, und explodiren heftig auf glühender Kohle.

Der Chlorwasserstoff (Salzsäure, Chlorwasserstoffsäure, Kochsalzsäure, Hydrochlorsäure, Acidum Salis s. muriaticum) bildet sich in einem Gemenge von gleichen Raumtheilen Chlorgas und Wasserstoffgas durch Berührung mit einem brennenden Körper oder im directen Sonnenlichte augenblicklich unter Explosion und Feuererscheinung, im Tageslichte nur langsam und allmälig, im Dunkeln gar nicht; ferner im Chlorwasser unter Zersetzung des Wassers und in größter Menge, wenn man Kochsalz mit englischen Schwefelsäure übergießt ($SO^3,\,HO + ClNa = SO^3,\,NaO + ClH$). Es ist ein farbloses, an der feuchten Luft schwache Nebel bildendes Gas, welches stark sauer schmeckt und riecht, erstickend wirkt, Lackmus röthet und die Flamme des Lichtes mit grünlicher Farbe auslöscht; das specif. Gewicht des Gases ist = 1,269 und das Lichtbrechungsvermögen = 1,527. Durch den Druck von 40 Atmosphären läßt das Gas sich bei 10° zu einer farblosen Flüssigkeit verdichten, deren Lichtbrechungsvermögen dem der flüssigen Kohlensäure gleich ist. Das salzsaure Gas wird weder an der Luft, noch in der Glühhitze mit Sauerstoff gemengt verändert, zum Theil jedoch durch den elektrischen Funken in seine

Bestandtheile zerlegt; mit Sauerstoff in Berührung wird durch den elektrischen Funken Wasser gebildet und das Clor frei, und ebenso, wenn in diesem Gemenge Platinaschwamm über 120° erhitzt wird; mit unterchlorigsaurem Gas gemengt, bildet sich ebenfalls Wasser, und durch Metalle wird das Wasserstoffgas gewöhnlich abgeschieden, durch Kalium schon bei gewöhnlicher Temperatur, durch Zink, Zinn u. s. w. erst in der Hitze; die meisten Metalloxyde geben, in Chlorwasserstoffgas erhitzt, Wasser und Chlormetalle. Das salzsaure Gas wird in großer Menge vom Wasser absorbirt und bildet mit demselben die wässerige Salzsäure (Salzgeist, saurer Salzgeist, rauchender Salzgeist, Spiritus Salis acidus, fumans). Das Wasser absorbirt das salzsaure Gas unter bedeutender Wärmeentwicklung, und zwar nimmt nach Davy 1 Maß Wasser bis zur völligen Sättigung 480 Maß Gas oder ungefähr 75 Proc. seines eigenen Gewichtes auf, hat dann ein specif. Gewicht = 1,2109 und scheint dann auf 1 At. Salzsäure 6 At. Wasser zu enthalten. Die völlig reine wässerige Salzsäure ist farblos, die gewöhnliche käufliche aber oft etwas gelblich gefärbt durch Beimengungen von Eisenoxyd, Chlor oder organische Substanzen; im concentrirten Zustande raucht sie an der Luft, durch Kochen wird eine starke Säure schwächer, eine schwächere stärker; die concentrirte Säure kocht schon wenige Grad über der Temperatur, bei welcher sie dargestellt wurde, und es entweicht so lange Gas, bis die Dichtigkeit bis auf 1,09 gesunken ist, in welchem Zustande sie nach Dalton bei 110° kocht, sich unverändert überdestilliren läßt und 20 Proc. Gas, also auf 16 At. Wasser 1 At. Säure enthalten soll; das specif. Gewicht ihres Dampfes beträgt nach Bineau 0,691, woraus hervorgeht, daß in 9 Maß desselben 1 Maß salzsaures Gas und 8 Maß Wasserdampf ohne Verdichtung vereinigt sind. Unter dem Gefrierpunkte des Quecksilbers erstarrt die flüssige Salzsäure zu einer butterartigen Masse. Crighton bestimmte die lichtbrechende Kraft bei einem specif. Gewicht der Säure von 1,055 = 1,053, bei 1,087 specif. Gewicht = 1,088, bei 1,121 specif. Gew. = 1,121, bei 1,146 specif. Gew. = 1,138 und bei 1,177 specif. Gew. = 1,180; sie nimmt also mit der Dichtigkeit in einem geraden einfachen Verhältnisse zu. Die Salzsäure findet in den technischen Gewerben vielfache Anwendung zur Bereitung verschiedener Metallauflösungen, in der Färberei zum Schönen der Farben, in der Leimfabrikation zum Ausziehen des phosphorsauren Kalkes aus den Knochen, zur Darstellung des Königswassers u. s. w. Um in der käuflichen Salzsäure aus ihrem specifischen Gewichte ihre Stärke, ihren Gehalt an Säure schnell bestimmen zu können, sind von Kirwan und Dalton, von Edmund Davy und von Ure auf Versuche gegründete Tabellen mitgetheilt worden, von denen die von Ure veröffentlichte sich durch Vollständigkeit und Genauigkeit auszeichnet und deswegen hier eine Stelle finden mag.

Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.	Spec. Gew.	Proc.
1,2000	40,777	1,1893	38,330	1,1782	35,884	1,1661	33,437
1,1982	40,369	1,1875	37,923	1,1762	35,476	1,1641	33,029
1,1964	39,961	1,1859	37,516	1,1741	35,068	1,1620	32,621
1,1946	39,554	1,1846	37,108	1,1721	34,660	1,1599	32,213
1,1928	39,146	1,1822	36,700	1,1701	34,252	1,1578	31,805
1,1910	38,738	1,1802	36,292	1,1681	33,845	1,1557	31,398

Spec.Gew.	Proc.	Spec.Gew.	Proc.	Spec.Gew.	Proc.	Spec.Gew.	Proc.
1,1536	30,990	1,1143	23,242	1,0758	15,494	1,0377	7,747
1,1515	30,582	1,1123	22,834	1,0738	15,087	1,0357	7,340
1,1494	30,174	1,1102	22,426	1,0718	14,679	1,0337	6,932
1,1473	29,767	1,1082	22,019	1,0697	14,271	1,0318	6,524
1,1452	29,359	1,1061	21,611	1,0677	13,363	1,0298	6,116
1,1431	28,951	1,1041	21,203	1,0657	13,456	1,0279	5,709
1,1410	28,544	1,1020	20,796	1,0637	13.049	1,0259	5,301
1,1389	28,136	1,1000	20,288	1,0617	12,641	1,0239	4,893
1,1369	27,728	1,0980	19,980	1,0597	12,233	1,0220	4,486
1,1349	27,321	1,0960	19,572	1,0577	11,825	1,0200	4,078
1,1328	26,918	1,0939	19,165	1,0557	11,418	1,0180	3,670
1,1308	26,505	1,0919	18,757	1,0537	11,010	1,0160	3,262
1,1287	26,098	1,0899	18,349	1,0517	10,602	1,0140	2,854
1,1267	25,690	1,0879	17,941	1,0497	10,194	1,0120	2,447
1,1247	25,282	1,0859	17,534	1,0477	9,768	1,0100	2,039
1,1226	24,874	1,0838	17,126	1,0457	9,379	1,0080	1,631
1,1206	24,466	1,0818	16,718	1,0437	8,971	1,0060	1,224
1,1185	24,058	1,0798	16,310	1,0417	8,563	1,0040	0,816
1,1164	23,650	1,0778	15,902	1,0397	8,155	1,0020	0,408

Bei dem Vermischen der Salzsäure mit Salpetersäure entsteht eine gelbe, rauchende, sehr ätzende Flüssigkeit, das **Königswasser** (wässerige Salpetersalzsäure, Goldscheidewasser, Aqua regis), welches zur Auflösung solcher Metalle verwendet wird, welche nur geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff haben und deswegen von der Salpetersäure allein nicht angegriffen werden, namentlich zur Auflösung von Gold und Platina, zur Darstellung der Zinnsolution und auch zur Oxydation von Schwefel, Phosphor, Kohle u. s. w. Die Salzsäure und die Salpetersäure wirken gegenseitig zersetzend auf einander ein, es bildet sich aus dem Sauerstoff der Salpetersäure und dem Wasserstoff der Salzsäure Wasser und zu gleicher Zeit salpetrige Säure, welche die Flüssigkeit gelb färbt, und Chlor wird frei, welches in der Flüssigkeit aufgelöst bleibt oder entweicht. Die Zersetzung geht im verschlossenen Gefäße nur so lange vor sich, bis die Flüssigkeit mit Chlor gesättigt ist; kann dieses entweichen, so geht die Zersetzung fort, bis entweder alle Salpetersäure oder alle Salzsäure aus der Flüssigkeit verschwunden ist; bei der Erhitzung geht dieser Proceß um so rascher von Statten. Das freie Chlor, welches aus der Salzsäure entsteht, bildet hier den wirkenden Bestandtheil der Flüssigkeit, indem das Gold und Platina zu demselben eine größere Verwandtschaft haben, als zum Sauerstoff der Salpetersäure, und mit ihm eine Verbindung eingehen; auch das Chlorwasser wirkt schon auflösend auf jene Metalle, namentlich das Gold, ein.

Das Chlor vereinigt sich mit den übrigen Metalloiden oft in mehreren Verhältnissen, die hinsichtlich ihrer Zusammensetzung fast ohne Ausnahme den verschiedenen Oxydationsstufen derselben entsprechen. Der **Dreifach-Chlorphosphor** (P^2Cl^3) bildet sich beim Hinzuleiten von trocknem Chlorgas zu mäßig erwärmtem schmelzendem Phosphor, ist eine klare, farblose, dünne Flüssigkeit, welche bei 78° siedet, ein specif. Gew. = 1,45 hat, an der Luft weiße Nebel bildet und

der Salzsäure ähnlich riecht. Fünffach-Chlorphosphor (P^2Cl^5) erhält man beim Verbrennen von Phosphor in trocknem Chlorgas, er bildet ein weißes, an der Luft rauchendes Pulver, welches schon weiter unter 100° sich verflüchtigt. Halb-Chlorschwefel (S^2Cl) entsteht bei Einwirkung des Chlors auf getrocknete Schwefelblumen, ist eine ölige, bräunlich-gelb gefärbte Flüssigkeit von 1,686 specif. Gewicht, welche bei 138° kocht, an der Luft stark raucht und einen unangenehmen brennenden und erstickenden Geruch verbreitet. Den Einfach-Chlorschwefel (SCl) erhält man, wenn man über Schwefelblumen mehrere Tage lang Chlor in großem Ueberschusse hinleitet und die erhaltene Verbindung zwischen 60° und 70° mehrmals destillirt, als eine dunkelbraunrothe dünne Flüssigkeit, die bei 93° siedet, bei —30° noch nicht gefriert, ein spec. Gew. von 1,620 und in Dampfform von 3,7 hat. Der Chlorschwefel verbindet sich auch mit dem Chlorphosphor ($P^2S^2Cl^3$ oder P^2Cl, $2\ SCl$) zu einer farblosen, klaren ölartigen Flüssigkeit, welche bei 125° kocht und eigenthümlich gewürzhaft riecht, ferner der Zweifach-Chlorschwefel mit Kohlensäure (nach Berzelius chlorunterschwefelsaures Chlorkohlenoxyd $= COCl^2 + SO + 2\ Cl$), eine farblose, krystallinische campherähnliche Masse bildend, die leicht schmilzt und sich ohne Rückstand sublimiren läßt und unangenehm scharf riecht und schmeckt. Mit Schwefelsäure lassen sich Verbindungen darstellen, in welchen Dreifach-Chlorschwefel enthalten ist, nämlich SCl^3, $2\ SO^3$, eine farblose Flüssigkeit von 1,659 specif. Gewicht und Siedepunkt bei 77°; und SCl^3, $5\ SO^3$, ein farbloses Oel von 1,818 specif. Gewicht, siedet bei 145°, destillirt ohne Rückstand über, und hat in Dampfform ein specif. Gew. = 4,481. Jod verbindet sich bei Anwendung derselben Methoden, wie bei der Darstellung von Chlorphosphor angegeben wurde, mit dem Chlor zu Einfach-Chlorjod, (JCl), welches eine braunrothe ölige, stechend nach Chlor und Jod riechende Flüssigkeit ist, und zu Dreifach-Chlorjod (JCl^3), einem pomeranzengelben Körper, der nach dem Schmelzen beim Erkalten in langen Nadeln krystallisirt. Mit den Metallen verbindet sich das Chlor zu Chlormetallen, deren Darstellung und Eigenschaften man bei den einzelnen Metallen beschrieben findet, hinsichtlich deren Zusammensetzung wir auch auf den Art. Salzbilder verweisen.

E. W.

Chlorometrie giebt eine Anleitung zur Bestimmung der Güte des für technische Zwecke bestimmten Chlorwassers und Chlorkalkes, zur Untersuchung auf die Quantität des in diesen Präparaten vorhandenen disponiblen Chlorgehaltes. Hierzu kann man, nach Descroizilles, die mit Wasser verdünnte Auflösung von Indigo in rauchender Schwefelsäure anwenden, indem man von derselben ein bestimmtes Volumen in eine graduirte, mit einem Stöpsel versehene Glasröhre bringt (Décolorimètre, Chloromètre, Berthollimètre) und das zu untersuchende Chlorwasser vorsichtig so lange zusetzt, bis unter Umschütteln in dem verschlossenen Gefäße die blaue Lösung zuerst grün und dann aber braungelb geworden ist; an den Graden der Glasröhre sieht man dann, wie viel von dem Chlorwasser hierzu erforderlich gewesen ist. Dieselbe Methode kann man auch zur Untersuchung des Chlorkalkes anwenden, wenn man ein bestimmtes Gewicht des trocknen Chlorkalkes zuerst mit wenig Wasser übergießt, zerreibt, die trübe Flüssigkeit in ein Glas gießt, durch Stehen sich klären läßt und diese Operation mehrmals wiederholt, bis man zehnmal so viel Wasser angewendet hat, als das Gewicht der Chlorkalk-Probe betrug. Auf diese angeführte Weise erfährt man begreiflicher Weise nur den rela-

tiven Gehalt an disponiblem Clor in kleinen Quantitäten Chlorwasser oder Chlorkalk; um die Indigolösung auch zur Bestimmung der absoluten Clormenge anwenden zu können, hat Gay-Lussac folgendes Verfahren vorgeschlagen. Man stellt die Indigolösung in einem so verdünnten Zustande dar, daß 1 Volum trocknes Chlorgas ein zehnfach größeres Volum dieser Flüssigkeit entfärbt; jedes einfache Volum der Indigolösung giebt einen Grad (= $^1/_{10}$ Volum Chlor), welcher in 10 Theile getheilt ist; setzt man zu einem Maß Chlorkalkauflösung so lange Indigosolution hinzu, bis die blaue Farbe in eine blaßgrünliche übergeht, so zeigt die Zahl der dazu nöthigen Grade den Chlorgehalt in $^1/_{10}$ Maßtheilen an. Die so eben kurz mitgetheilte chlorometrische Methode giebt, trotz aller Vorsichtsmaßregeln, aus mehrfachen Gründen selten ein sicheres Resultat; man muß wenigstens die Indigolösung in größerer Quantität bereiten, um dieselbe für längere Zeit mit gleicher Zusammensetzung anwenden zu können, und sie im concentrirten Zustande in gut verschlossenen steinernen Flaschen aufzubewahren, weil sie verdünnt und dem Einflusse der Luft und namentlich des Lichtes ausgesetzt, nach und nach eine Umänderung, eine Zersetzung erleidet. Der Indigo enthält ferner außer dem blauen Farbstoffe auch ein rothes und ein braunes Pigment, in den verschiedenen Sorten in abweichender Quantität, und nur auf den blauen Farbstoff wirkt das Chlor entfärbend ein, während der braune, mit Salzsäure verbunden, in leichten Flocken sich ausscheidet und auf dem Boden des Probirgefäßes absetzt; auch sind noch andere organische Stoffe im Indigo, z. B. Pflanzenleim, in verschiedener Menge enthalten und auch diese werden zum Theil vom Chlor zersetzt, weswegen die Menge des Chlors in der zu untersuchenden Flüssigkeit nicht genau aufgefunden werden kann, weil es nicht immer einzig und allein zur Entfärbung des blauen Farbstoffes im Indigo verwendet wird. Besonders aber wird die angeführte Methode für die Untersuchung des Chlorkalkes aus dem Grunde ungenau, weil, wie Erdmann *) gefunden hat, auch der Aetzkalk oder das Kalkwasser die Eigenschaft besitzt, in beträchtlichem Grade die Indigosolution zu entfärben, die blaue Farbe derselben zu zerstören. Man hat deshalb in neuerer Zeit vielfach versucht, die chlorometrische Probe auf ein anderes besseres Princip zu gründen, und zu diesem Zwecke mehrfache Vorschläge gemacht, von denen wir in der Kürze hier einige mittheilen. Penot wendete z. B. das Schwefelbarium an, welches mit unterchlorigsaurem Kalke in Berührung zu der Bildung von auflöslichem Chlorcalcium und sich ausscheidendem schwefelsaurem Baryt Veranlassung giebt; der Niederschlag wird abfiltrirt und gewogen. Da aber schon diese Wägung in technischer Hinsicht einige Schwierigkeit darbietet, so hat diese Methode keine allgemeinere Verbreitung gefunden, ebenso wenig wie die von Zenneck **) vorgeschlagene Untersuchung des Chlorkalkes durch Ammoniak und Bestimmung des aus demselben sich entwickelnden Stickgases dem Volumen nach, obgleich die letztere Methode, nach den von Erdmann darüber angestellten Versuchen, wenigstens in den Händen eines Chemikers, genaue Resultate zu liefern scheint. Duflos's Verfahren ***) beruht auf der Umwandlung der schwefeligen Säure durch Chlor in Schwefelsäure, welche durch Barytlösung niedergeschlagen und ausgeschieden wer-

*) Erdmann, technisches u. ökonom. Journ. Bd. XIII. S. 276.
**) Ebendas. Bd. X. S. 293. Bd. XVI. S.221.
***) Schweigger's Journ. d. Ch. Bd. LXIII. S. 346.

den kann; man sättigt eine wässerige Auflösung von Chlorbarium mit schwefeliger Säure und setzt zu derselben so lange von der zu untersuchenden Chlorkalksolution hinzu, als noch ein Niederschlag entsteht; aus der Menge der verbrauchten Chlorkalklösung und aus der Thatsache, daß 10 Grad geglühter schwefelsaurer Baryt 3,06 Gran Chlor entsprechen, berechnet man dann den Chlorgehalt. Ein genaues und schnell auszuführendes Verfahren hat Gay-Lussac *) in neuerer Zeit bekannt gemacht, nämlich mit Anwendung von arseniger Säure oder von Eisencyankalium. Man bereitet nämlich durch Kochen eine Auflösung von arseniger Säure in reiner Salzsäure, die vorher mit $^{1}/_{2}$ Volum Wasser verdünnt worden ist; die Arseniklösung wird so lange mit Wasser verdünnt, bis ein Volum derselben ein gleiches Volum der normalen Chlorkalklösung zerlegt, welche letztere man durch Sättigung einer schwachen Lösung von Kali, Natron, oder von Kalkmilch mit reinem Chlorgas darstellt. Es werden nun 10 Gramme des zu prüfenden Chlorkalkes zerrieben und ein wässeriger Auszug desselben bereitet, welchen man mit Wasser verdünnt, bis er den Raum von 1 Liter in einem dazu ausgemessenen Glase ausfüllt; mit dieser Lösung füllt man ein graduirtes Tropfglas (s. beistehende Fig.)



bis an den Nullpunkt der Scale an, welche in 200 Grade getheilt ist, von denen 100 den Raum von Cubikcentimetern einnehmen; mittelst einer Pipette bringt man dann genau 10 Cubikcentimeter der Arseniklösung in eine, mittelst eines Glasstöpsels verschließbare Flasche, und setzt zu derselben einen einzigen Tropfen einer Indigosolution hinzu, wodurch die Arseniklösung schwach blau gefärbt wird; aus dem graduirten Tropfglase gießt man dann die Chlorkalklösung so lange hinzu, bis die blaue Färbung der Arsenikflüssigkeit fast gänzlich verschwunden ist, sodann setzt man wiederum einen Tropfen der Indigosolution hinzu und jetzt tropfenweise und vorsichtig von der Chlorkalklösung, bis die Arsenikprobe plötzlich gänzlich entfärbt und wasserklar erscheint. Die hier mitgetheilte Tabelle giebt aus der Anzahl der verbrauchten Grade von Chlorkalksolution unmittelbar den Gehalt des Chlorkalkes an Chlor in Tausendtheilen eines gleichen Vol. Chlorgas an; je mehr Chlorkalklösung nöthig war, um so weniger Chlor ist in demselben vorhanden und umgekehrt. Das aus dem Chlorkalke frei werdende Chlor verwandelt allmälig die ganze Menge der arsenigen Säure in Arseniksäure um, welche mit Kalkerde in Verbindung bleibt, und erst wenn die ganze Menge der arsenigen Säure diese Umwandlung erlitten hat, wirkt das nunmehr sich entwickelnde Chlor entfärbend auf den Indigo ein, und zeigt dadurch die Beendigung des Versuches an. Die folgende Tabelle dient zur Auffindung des absoluten Gehaltes an Chlorgas im Chlorkalke dem Raume nach.

*) Vergl. Schubarth's Techn. u. Chem. Bd. I. S. 430 ff.

Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt
10	1000	64	156	118	84,7	172	58,1
11	909	65	154	119	84,0	173	57,8
12	833	66	151	120	83,3	174	57,5
13	769	67	149	121	82,6	175	57,1
14	714	68	147	122	82,0	176	56,8
15	667	69	145	123	81,3	177	56,5
16	626	70	143	124	80,6	178	56,2
17	588	71	141	125	80,0	179	55,9
18	555	72	139	126	79,4	180	55,5
19	526	73	137	127	78,7	181	55,3
20	500	74	135	128	78,1	182	54,9
21	476	75	133	129	77,5	183	54,6
22	454	76	131	130	76,9	184	54,3
23	435	77	130	131	76,3	185	54,1
24	417	78	128	132	75,7	186	53,8
25	400	79	127	133	75,2	187	53,5
26	385	80	125	134	74,6	188	53,2
27	370	81	123	135	74,1	189	52,9
28	357	82	122	136	73,5	190	52,6
29	345	83	120	137	73,0	191	52,4
30	333	84	119	138	72,5	192	52,1
31	323	85	118	139	71,9	193	51,8
32	312	86	116	140	71,4	194	51,5
33	303	87	115	141	70,9	195	51,3
34	294	88	114	142	70,4	196	51,0
35	286	89	112	143	69,9	197	50,8
36	278	90	111	144	69,4	198	50,5
37	271	91	110	145	69,0	199	50,3
38	263	92	109	146	68,5	200	50,0
39	256	93	107	147	68,0	201	49,7
40	250	94	106	148	67,6	202	49,5
41	244	95	105	149	67,1	203	49,3
42	238	96	104	150	66,7	204	49,0
43	233	97	103	151	66,2	205	48,8
44	227	98	102	152	65,8	206	48,5
45	222	99	101	153	65,4	207	48,3
46	217	100	100	154	64,9	208	48,1
47	213	101	99	155	64,5	209	47,8
48	208	102	98	156	64,1	210	47,6
49	204	103	97,1	157	63,7	211	47,4
50	200	104	96,1	158	63,3	212	47,1
51	196	105	95,2	159	62,9	213	46,9
52	192	106	94,3	160	62,5	214	46,7
53	189	107	93,4	161	62,1	215	46,5
54	185	108	92,6	162	61,7	216	46,3
55	182	109	91,7	163	61,4	217	46,1
56	179	110	90,9	164	61,0	218	45,9
57	175	111	90,1	165	60,6	219	45,7
58	172	112	89,3	166	60,2	220	45,5
59	169	113	88,5	167	59,9	221	45,2
60	167	114	87,7	168	59,5	222	45,0
61	164	115	86,9	169	59,1	223	44,8
62	161	116	86,2	170	58,8	224	44,6
63	159	117	85,5	171	58,5	225	44,4

Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt	Chlorkalklösung Grade	Chlorgehalt
226	44,2	233	42,9	240	41,7	247	40,5
227	44,0	234	42,7	241	41,5	248	40,3
228	43,8	235	42,5	242	41,3	249	40,2
229	43,6	236	42,4	243	41,1	250	40,0
230	43,5	237	42,2	244	41,0		
231	43,3	238	42,0	245	40,8		
232	43,1	239	41,8	246	40,6		

E. W.

Chrom, Chromium (Atomgewicht = 328,9; chem. Zeichen = Cr), ein im Jahre 1797 von Vauquelin entdecktes Metall, welches als Chromoxyd (Chromocher), Chromoxyd-Eisenoxydul (Chromeisenstein), als chromsaures Bleioxyd, und in geringer Menge als Gemengtheil einiger anderer Mineralien in der Natur vorkommt. Das Metall wird aus dem Chromoxyd mittelst Kohle in der heftigsten Weißglühhitze dargestellt, hat eine zinnweiße bis stahlgrüne Farbe, ist sehr spröde, von kleinkörnigem Bruche, von 5,9 specif. Gewicht und sehr schwer schmelzbar. Zur Bereitung von Chromoxyd (Cr^2O^3) werden 2 Th. Chromeisenstein mit 1 Th. Salpeter stark und anhaltend geglüht, und die Masse mit Wasser ausgezogen; diese alkalische Flüssigkeit wird zur Abscheidung der aufgelösten Thon- und Kieselerde mit Salpetersäure neutralisirt, eingedampft und das sich ausscheidende krystallisirte chromsaure Kali wieder aufgelöst, mit salpetersaurem Quecksilberoxydul niedergeschlagen und das ausgefällte chromsaure Quecksilberoxydul geglüht, bis reines Chromoxyd zurückbleibt; oder der wässerige Auszug der geglühten Masse wird mit Schwefelsäure versetzt, die Chromsäure durch Schwefelwasserstoff in Chromoxyd verwandelt, und dieses durch Kali oder Ammoniak gefällt und ausgeglübt; oder der wässerige Auszug wird in der Kochhitze so lange mit einer kochenden Lösung von Fünffach-Schwefelkalium behandelt, als noch Chromoxyd sich ausscheidet. Das Chromoxyd ist lebhaft grün gefärbt, erscheint aber beim Glühen bräunlich und schmilzt vor dem Knallgasgebläse unter Entwicklung eines weißen Rauches, ohne sich zu zersetzen. Krystallirt in den Formen des drei- und dreigliedrigen Systems erhält man das Chromoxyd aus dem chromsauren Dreifachchlorchrom, unter Entwicklung von Chlor- und Sauerstoffgas, wenn man dieses in einer strengflüssigen Glasretorte, welche man tief in einen hessischen Tiegel hineinhängt, einer starken Glühhitze aussetzt; das Chromoxyd setzt sich dann in dem Halse der Retorte ab in grünschwarzen metallglänzenden Krystallen von 5,21 specif. Gew., welche die Härte des Korund haben. Das Chromoxydhydrat ($Cr^2O^3 + 3\,HO$) erhält man durch Fällung der Chromoxydsalze mit Ammoniak, als ein bläulichgrünes Pulver, welches nach stärkerem Trocknen rein grün ist, und erst in dunkler Glühhitze sein Wasser verliert, eine dunkelgrüne Farbe annimmt, bei stärkerer Hitze mit Feuererscheinung verglimmt und dann heller grün wird, ohne an Gewicht zu verlieren. Der Chromoxyd wird namentlich in der Porzellanmalerei angewendet, auch in der Oelmalerei unter dem Namen Chromgrün, grüner Zinnober. Das verglimmte, geglühte Chromoxyd ist in Säuren fast unlöslich und löst sich nur in Vitriol nach längerem Kochen auf; das unter der Glühhitze entwässerte Chromoxyd löst sich langsam, das Hydrat leicht in Säuren auf; die Chromoxydsalze sind schön grün oder blau gefärbt; in der Auflösung röthen sie das Lackmuspapier,

und werden durch kaustische und kohlensaure Alkalien gefällt, in überschüssigem Aetzkali löst sich das Chromoxyd jedoch in der Kälte mit grasgrüner Farbe auf, wird aber beim Kochen der Flüssigkeit vollständig wieder ausgeschieden; chromsaures Kali fällt aus diesen Auflösungen gelbbraunes chromsaures Chromoxyd. Das schwefelsaure Chromoxyd bildet mit dem schwefelsauren Kali ein, dem Alaun ganz analog zusammengesetztes Doppelsalz, den Chromalaun ($KO, SO^3 + Cr^2O^3, 3\,SO^3$), welcher in schönen dunkelpurpurnen oder amethystfarbenen octaedrischen Krystallen anschießt. Die Chromsäure (CrO^3) erhält man durch Destilliren eines Gemenges von 1 Th. chromsaurem Bleioxyd (oder Baryt) mit 1 Th. Flußspath und 3 Th. rauchender Schwefelsäure in einer bleiernen Flasche mit bleierner Vorlage; das in rothen Dämpfen sich verflüchtigende Chromfluorid wird durch die in der Vorlage befindlichen Wasserdämpfe in Flußsäure, welche entweicht, und in sich sublimirende Chromsäure zerlegt; oder man fällt aus der Auflösung von zweifach-chromsaurem Kali das Kali durch Kieselflußsäure heraus und dampft die Flüssigkeit in einem Platinagefäß zur Trockne ein; oder noch leichter, man setzt zu einer heißen Auflösung des chromsauren Kalis vorsichtig überschüssige Schwefelsäure hinzu, gießt die Flüssigkeit von den ausgeschiedenen feinen Krystallen der Chromsäure ab und läßt die anhängende Schwefelsäure von einem Ziegelstein einsaugen. Die Chromsäure bildet eine lockere, außerordentlich voluminöse Masse von fein wolligen Krystallnadeln, ist geruchlos, schmeckt sehr sauer und dann zusammenziehend, färbt die Haut gelb, zerfließt an der Luft und schießt aus der concentrirten wässerigen Lösung in karmosinrothen Nadeln, zuweilen in größeren braunrothen Krystallen an; erhitzt schmilzt sie zu einer schön rothbraunen Flüssigkeit und erstarrt beim Erkalten zu einer rothen, undurchsichtigen, brüchigen Masse; über den Schmelzpunkt erhitzt zerfällt sie unter Feuererscheinung in Sauerstoff und Chromoxyd; in Ammoniakgas wird die nach der zuerst angeführten Methode dargestellte Chromsäure bei gewöhnlicher Temperatur augenblicklich weißglühend und hinterläßt Chromoxyd; die wässerige Chromsäure wird durch Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure, in der Kochhitze auch durch Salzsäure und viele organische Stoffe ebenfalls zu Chromoxyd reducirt. Die Chromsäure bildet mit den Basen neutrale, basische und saure Salze; die neutralen chromsauren Salze sind meistens gelb, die sauren morgenroth gefärbt und mehrere werden in der Malerei, Färbekunst und Kattundruckerei vielfach angewendet. Das chromsaure Kali (KO, CrO^3) krystallisirt in citrongelben durchscheinenden, sechsseitigen zwei- und zweigliedrigen Säulen, von 2,640 specif. Gewicht, schmilzt erst in der Glühhitze, leuchtet während des Schmelzens mit grüner Farbe und erstarrt beim Erkalten krystallinisch; es erträgt die Glühhitze, ohne sich zu zersetzen; es löst sich unter Erkältung bei 15,5° in 2,07 Theilen Wasser auf und theilt diesem eine intensivgelbe Farbe mit, welche selbst bei 40,000 facher Verdünnung noch deutlich ist. Das zweifach-chromsaure Kali ($KO, 2\,CrO^3$) scheidet sich beim Versetzen der Lösung des neutralen Salzes mit Salpetersäure in großen, morgenrothen, rechtwinklig vierseitigen Tafeln und Säulen aus, welche ein specif. Gewicht von 2,6027 haben, lange vor dem Glühen schmelzen und zu einer rothen faserig-krystallinischen Masse erstarren, oder beim langsamen Erkalten abermals schöne große Krystalle bilden. Das chromsaure Kali wird besonders in der Färberei angewendet zur Darstellung gelber und oranger Farben mittelst Bleisalze, und in der Kattundruckerei zum Ausbeizen des Indigo's. Der chromsaure Baryt ist ein gelbes, in Wasser unlösliches, in

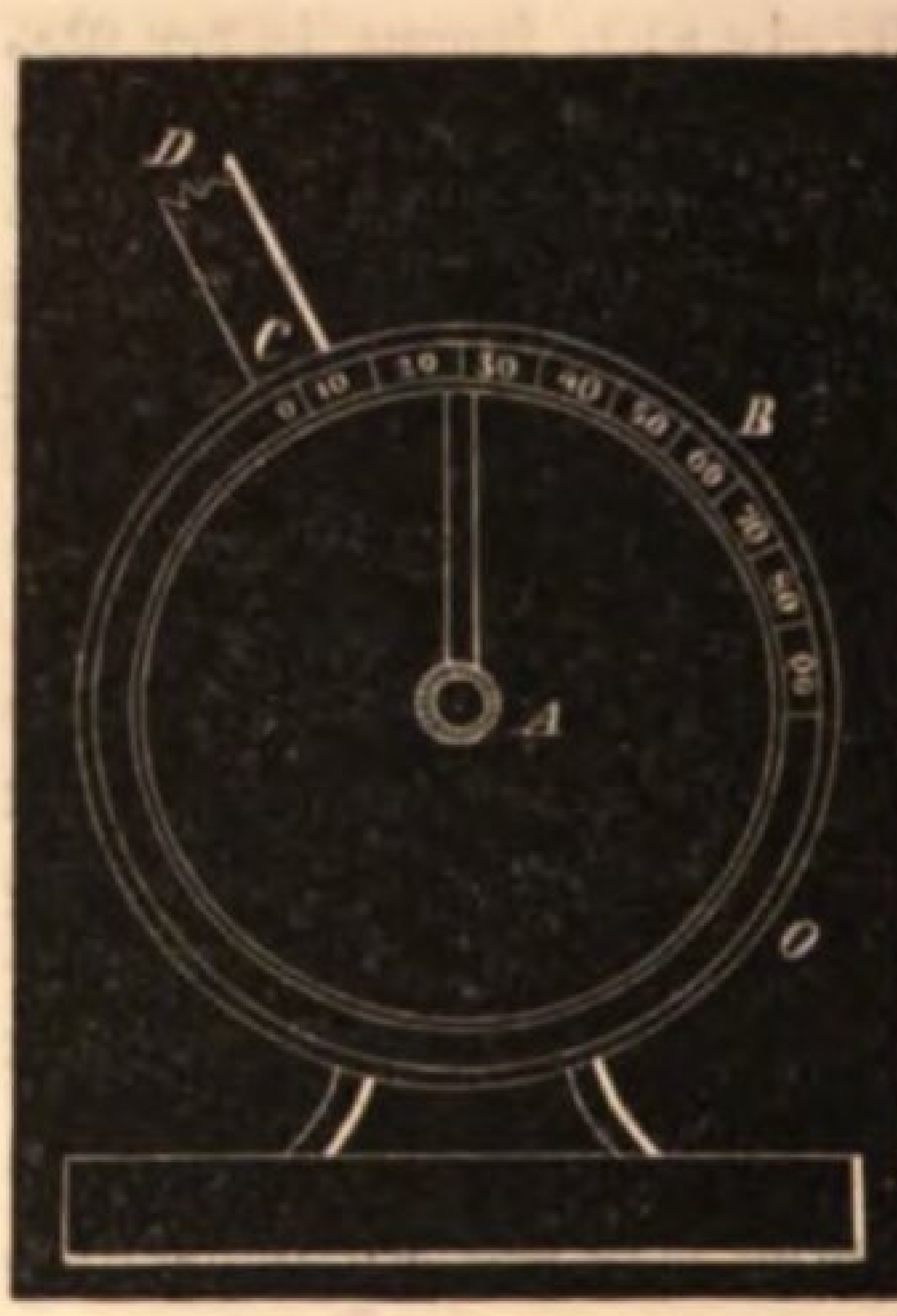
Säuren auflösliches Pulver; das chromsaure Bleioxyd kommt in der Natur in Säulen krystallisirt vor, von hyacinth- oder morgenrother Farbe und 5,75 bis 6,0 specif. Gewicht; das künstlich dargestellte neutrale Salz ist ein hell citrongelbes Pulver, in Wasser unlöslich, in Säuren schwer löslich, aber in Aetzkali unter Zerstörung der Farbe auflöslich; es findet als Farbe unter dem Namen von Chromgelb allgemeine Anwendung und wird auch in der Chemie für die Elementaranalyse organischer Körper zur vollständigen Oxydation der letzteren gebraucht. Das halb-chromsaure Bleioxyd ($2PbO, CrO^3$) ist ein in Wasser unlösliches, schön zinnoberroth gefärbtes Pulver, welches ebenfalls in der Färberei und Malerei Anwendung findet. Das chromsaure Quecksilberoxydul hat eine mehr oder weniger dunkelpomeranzengelbe Farbe, und wurde früher als Malerfarbe (Chromroth) benutzt. Das chromsaure Silberoxyd ist ein purpurrothes, rothbraunes oder karminrothes Pulver, und kann auch in rubinrothen Krystallen erhalten werden.

Das Schwefelchrom ($Cr^2 S^3$) bildet sich, wenn man Schwefelkohlenstoffdampf über weißglühendes Chromoxyd leitet, oder wenn man ein Gemenge von Chromoxyd und Fünffach-Schwefelkalium bei sehr hoher Temperatur zusammenschmilzt und nachher das Schwefelkalium durch Wasser auszieht; es ist ein schwarzes oder dunkel grau-grünes, mehr oder weniger krystallinisches und metallglänzendes Pulver, welches an der Luft bis zum Rothglühen erhitzt, lebhaft verbrennt unter Zurücklassung von Chromoxyd. Das Anderthalb-Chlorchrom oder Chromchlorür ($Cr^2 Cl^3$) erhält man, wenn man trocknes Chlorgas über ein glühendes Gemenge von Chromoxyd und Kohle leitet, oder durch Erhitzung des salzsauren Chromoxyds bis zur Sublimation, wodurch das Wasser aus demselben entfernt wird; es krystallisirt in pfirsichblüthrothen, glänzenden, glimmerartigen Blättchen, welche weich und fettig, wie Talk anzufühlen sind. Das gewässerte Chromchlorür wird gebildet durch Auflösung von Oxydhydrat in Salzsäure oder durch Kochen von Chromsäure mit Salzsäure; beim Abdampfen der Lösung und Erhitzen bis 100° bleibt eine dunkelgrüne, wasserhaltende Masse zurück. Das chromsaure Chromchlorid ($Cr Cl^3, 2 CrO^3$) ist eine prächtige bluthrothe Flüssigkeit, welche bei 21° ein spec. Gew. von 1,71 hat und einen constanten Siedepunkt bei 118° zeigt; man stellt dasselbe dar durch Destilliren eines Gemenges von chromsaurem Kali (oder Bleioxyd) mit Kochsalz und überschüssiger rauchender Schwefelsäure. Mit Brom und Jod geht das Chrom ähnliche Verbindungen ein wie mit dem Chlor, und mit Fluor bildet sich ein rothes Gas, welches beim Einathmen die Lunge stark angreift, Glas ätzt und Chromfluorid ($Cr. F^3$) ist.

E. W.

Chromadot (v. d. griech. χρωμα Farbe und geben, also Farbengeber) hat Hofmann (Mechanicus in Leipzig), ein von ihm erfundenes Instrument genannt, welches die durch Beugung (Inflexion) des Lichtes erzeugten Farben auf eine bequeme, auffällige und übersichtliche Weise zur Anschauung bringt. Brandes *) schlägt für das Instrument den Namen Inflexioskop vor und beschreibt es, wie folgt. An der Axe A, die vermittelst des in der beistehenden Figur sichtbaren runden

*) Gehler's phys. Lex. Bd. IV. S. 101.



Kopfes gedreht werden kann, ist im Innern des 1 Zoll hohen Cylinders, dessen Grundfläche die Figur zeigt, eine schön polirte Stahlplatte befestigt, auf welcher mit einer sehr genauen Theilmaschine feine Linien mit Diamant in gleichen Abständen eingerissen sind; die Linien fallen am zweckmäßigsten aus, wenn man 3000 auf den Paris. Zoll nimmt. Diese kleine mit feinen Linien erfüllte Fläche erhält, da das cylindrische Gefäß sonst überall geschlossen ist, einzig durch einen in der krummen Fläche des Cylinders bei B offen gelassenen Spalt, den man durch einen Schieber nach Willkür verengen kann, auffallendes Licht; die zweite Oeffnung C des cylindrischen Gefäßes, auf welche das 8 Zoll lange Rohr CD, ohne Gläser, aufgeschraubt ist, weiset dem Auge seine zur Beobachtung angemessene Stellung an; das Rohr enthält bei C eine Blendung, welche nur eine, der lineirten Fläche gleiche Oeffnung hat. Am Umfange des Kreises CB ist eine Gradtheilung, die ihren Anfangspunkt da hat, wo die Axe des Rohres liegt; sie giebt halbe Grade an, und ein mit der Axe A verbundener Zeiger, der immer eine senkrechte Lage gegen die Spiegelplatte behält, zeigt bei jeder Stellung der Stahlplatte den Winkel an, den die Gesichtslinie mit dem Einfallslothe macht. — Um hier die Farbenfolgen, die vermöge der eingerissenen Linien sich zeigen, auf einmal zu übersehen, kann man das Rohr abschrauben und das Auge dicht an C bringen. Stellt man dann den Zeiger auf $32^1/_2{}^0$, (weil zwischen der Lage des Auges und des Spaltes 65 Grade enthalten sind) und läßt nur einen sehr engen Spalt offen, so sieht man das Bild des durch diesen Spalt sein Licht hereinsenkenden Himmels als Spiegelbild in der Mitte des Gesichtsfeldes, daneben an beiden Seiten einen dunklen Raum, an welchen sich dunkel violett, blau, grün, gelb, roth, so anschließt, daß Roth in dieser Farbenfolge den entferntesten Platz einnimmt. An diese erste Farbenfolge schließt sich eine zweite, — nur durch einen kleinen dunklen Raum von jener getrennt, — die breiter aber minder lebhaft ist und eben die Farben enthält. Die dritte Farbenfolge, die noch mehr Raum einnimmt, bekömmt man zu sehen, wenn man den Zeiger bis zu 26^0 Gr. fortrückt, sie fängt mit einer wenig erleuchteten Farbenmischung, die sich als ein sehr dunkles Grün zeigt, an; daran grenzt ein ins Rothe fallendes Violett, dem ein reines Blau (das Blau der dritten Ordnung) folgt. Dreht man den Zeiger weiter, so zeigt sich ein schmutziges, ins Gelbliche hinübergehendes Weiß, dann reines Gelb, schönes helles Roth, Purpur, Blau (also Blau der vierten Ordnung); diese Farben treten nach und nach, sowie man weiter dreht, ins Gesichtsfeld, und endlich folgt mit immer minderem Lichte Grün, schmutziges Gelblichgrün, an welches röthliches Violett grenzt und zuletzt das fünfte Blau, wenn das Auge senkrecht in den Spiegel sieht. An der andern Seite ist die Folge der Farben ziemlich, jedoch nicht ganz, so; der Unterschied hat seinen Grund in der beim Drehen der Axe anders bestimmten Lage der Spiegelfläche gegen das Auge. — Bedient man sich des Rohres, das eine enge Oeffnung, um dem Auge seinen bestimmten Platz anzuweisen, hat, so kann man genauer angeben,

wann jede Farbe in der Mitte des Gesichtsfeldes erscheint. Richtet man dann den offenen Spalt nach der Sonne zu und stellt das Auge so, daß es von dem zurückgeworfenen Glanze nicht zu sehr geblendet wird, so erscheinen nicht bloß die auf der Stahlplatte sich darstellenden Farben im schönsten Glanze, sondern man sieht auch den Wiederschein derselben an der innern Wand des Rohres ganz wie prismatische Bilder vorbeigehen. — Um über die genaue Lage, wobei jede einzelne Farbe reflectirt wird, unterrichtet zu sein, muß man die verschiedenen durch das Prisma getrennten Farbenstrahlen auf den Spalt fallen lassen, wobei man zugleich die Farbenerscheinungen auf eine ungemein schöne Weise, jede Farbe vollkommen rein und bei fortwährend geänderter Stellung der Axe periodisch mit erneuertem Glanze wiederkehrend sieht.

Chromatrop, auch Farben- oder Linienspiel genannt, ist eine Vorrichtung von zwei runden und concentrisch über einander liegenden, mit geometrischen regelmäßigen (gewöhnlich sternförmigen) Figuren bemalten ebenen Glasplatten, welche sich mittelst einer Kurbel an einem Doppelwürtel in entgegengesetzter Richtung um einen gemeinsamen Mittelpunkt schneller oder langsamer bewegen lassen. Dieser Apparat wird in eine Laterna magica an die Stelle der zu dieser gehörenden gewöhnlichen Bilder gebracht und jene erwähnte Kreisbewegung nun vorgenommen, um alsdann auf einer weißen ebenen Fläche die mannigfaltigsten und schönsten Punkte, Linien, Rosetten, Sterne ꝛc. in steter, bunter Farbenabwechselung zu erzeugen und das beschauende Auge zu ergötzen. Gewöhnlich wird das Chromatrop mit einem Nebelbilder-Apparat (s. d. Art.) verbunden, weshalb die anzuwendende Laterna magica in der Regel mit zwei Hydro-Oxygen-Gasflammen versehen sein muß, weil die durch dieselben erzeugte starke Beleuchtungs-Intensität das wechselnde Farbenspiel des Chromatrops weit lebhafter und schöner darzustellen vermag, als das trübe Licht der Oelflamme in der gewöhnlichen Laterna magica. J.

Chronologie (a. d. griech. χρόνος Zeit, und λόγος Rede) ist die mit der Zeitabmessung oder mit der Vergleichung der zur Zeitabmessung dienenden Zeiteintheilungen sich beschäftigende Wissenschaft, welche in die theoretische (mathematische) und in die praktische (technische oder historische) Chronologie eingetheilt wird. Dem erstern Theile gehört das aus der Astronomie an, was den Zeiteintheilungen, sowie den Vergleichungen verschiedener Zeiträume zur Grundlage dienen muß; dies sind also die Bestimmungen der wahren Länge der verschiedenen Tage, Monate, Jahre und der Zeiträume, nach deren Verlauf Mond und Sonne zu denselben Stellungen zurückkehren. Dem zweiten Theile der Chronologie gehören die historischen zuverlässigen Nachrichten und Kenntnisse von dem an, was die kalendarische Regulirung der einzelnen Tage, Monate und Jahre, sowie den Festkalender verschiedener Nationen der Vor- und Jetztzeit betrifft. Die Chronologie gewährt dem Geschichtsforscher ein sehr wichtiges Hülfsmittel dadurch, daß sie zeigt, wie das Datum berühmter Begebenheiten, die von auffallenden Himmelsereignissen begleitet waren, sicher ermittelt werden kann. — Uebrigens verweisen wir hinsichtlich der wichtigsten Gegenstände der mathematischen und historischen Chronologie unsere Leser auf die in diesem Wörterbuche vorkommenden einzelnen Artikel: Cyklus, Finsternisse, Jahr, Kalender, Monat ꝛc. — Aus der chronologischen Literatur mögen hier nur folgende Werke bemerkt werden: Scaliger de Emendatione temporum 1587; Dion. Petavii

Doctrina temporum; Joh. Bapt. Riccioli Chronol. reformata; Calvisii Introd. in Chronologiam; Petavius ration. Temporum; Aegidii Strauchii chronologicum; Wolfs' Anfangsgr. d. Chronol.; Plaidy's allgem. Zeitrechn. für d. vergang., gegenwärt. und zukünft. Zeit v. Chr. Geb. bis Anno 3000 ꝛc. Leipz. 1818; Ideler's Handb. der mathem. u. techn. Chronol. Berlin 1825; J. J. Littrow's Kalendariographie ꝛc. Wien 1828. J.

Chronometer (franz. Chronomètre, Montre marine, engl. Timekeeper), Seeuhr, Längenuhr könnte, dem Worte nach, jedes zur Zeitmessung bestimmte Instrument, also jede Uhr genannt werden, bezeichnet jedoch nur eine mittelst Federkraft in Bewegung gesetzte und durch Schwingungen einer Feder regulirte Uhr, aber nicht etwa jede gewöhnliche Taschenuhr, sondern blos eine zum astronomischen oder sonst wissenschaftlichen Gebrauche bestimmte, mit großer Sorgfalt construirte Federuhr. Ihrer äußeren Gestalt nach haben die Chronometer entweder die Form einer Taschenuhr (Taschenchronometer), oder das Werk ist in ein cylinderförmiges, aufrecht stehendes Gehäuse (Borchronometer) eingeschlossen.

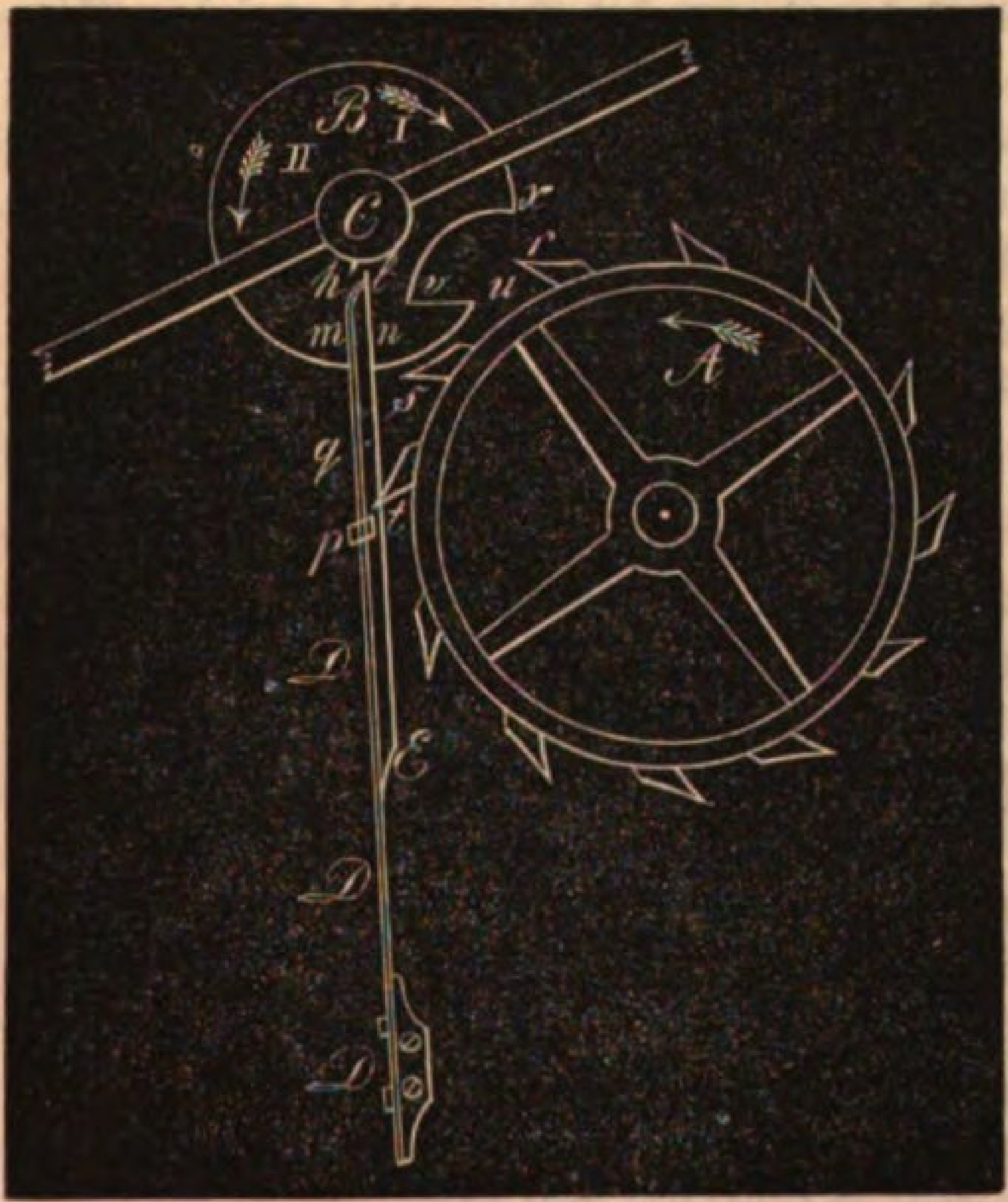
Die bewegende Kraft eines jeden Chronometers ist eine in ein cylinderförmiges Gehäuse (die Trommel) eingeschlossene Stahlfeder, welche, durch das Aufziehen der Uhr zusammengewickelt, sich wieder ausdehnen und das Räderwerk in Bewegung setzen muß. Das Ausdehnen der Stahlfeder geschieht aber anfangs mit stärkerer, dann mit stets geringerer Kraft, wodurch ein ungleichmäßiger Gang der Uhr entstehen würde, welcher jedoch auf folgende Weise vermieden wird. Die Trommel läßt man nicht unmittelbar, sondern erst durch das sogenannte Schneckenrad in das Räderwerk eingreifen; Trommel und Schneckenrad sind durch eine freie Kette so verbunden, daß bei Drehung der Trommel auch das Schneckenrad sich dreht, folglich zieht, nach bewerkstelligtem Aufzuge der Uhr, die Kette am oberen Theile des Schneckenrades, mithin an einem kleinern Hebelarme. Je mehr nun aber die Feder in der Trommel sich ausdehnt, folglich je schwächer ihre bewegende Kraft wird, an einem desto größern Hebelarme zieht die sich vom Schneckenrade allmälig abwickelnde, auf die Trommel sich aufwickelnde Kette. Auf diese Art wird das unmittelbar in das Räderwerk eingreifende Schneckenrad mit stets gleicher Kraft das Ganze in Bewegung setzen, sobald nur seine Windungen gehörig der Kraft der Feder angepaßt sind. Doch kann, wie weiter unten erwähnt werden soll, bei einer gewissen Constructionsweise der Chronometer das Schneckenrad entbehrt werden.

Mittelst mehrerer Zwischenräder setzt das Schneckenrad nun die Zeiger in Bewegung und endlich auch das Rad (das Steigrad), welches mit der schwingenden Unruhe oder dem Balancier in directer Verbindung steht, und der wichtigste Theil des Chronometers ist; die Schwingungen der Unruhe werden durch eine äußerst feine, sehr elastische Stahlfeder (die Spiralfeder) erzeugt. Nun unterscheidet sich zwar hinsichtlich des Räderwerkes, von welchem im Art. Pendeluhr und Räderwerk ein Mehreres die Rede sein wird, ein Chronometer im Allgemeinen nicht viel von einer gewöhnlichen Taschenuhr, desto mehr aber rücksichtlich der Art und Weise, wie bei einem Chronometer das Steigrad mit dem Balancier in Verbindung steht. Man wendet jetzt bei Chronometern zwei Arten solcher, die Hemmung genannten, Verbindungsarten an: 1) die freie

Hemmung und 2) die freie Hemmung mit constanter Kraft; beide sind wegen ihrer Einfachheit und sinnreichen Construction mit Recht bewunderte Meisterstücke des menschlichen Erfindungsgeistes.

Im Allgemeinen bezweckt bei jeder Feder= und Pendeluhr die Hemmung die Verhinderung des plötzlichen Ablaufens und die Erzeugung eines allmäligen gleichförmigen Fortgangs der Uhr. Gewöhnliche Taschenuhren haben die sogenannte Spindelhemmung, Cylinderuhren die Cylinderhemmung (fast stets ohne Schneckenrad) und sehr gute Uhren die Ankerhemmung. Diese drei Hemmungen verursachen jedoch sämmtlich mehr oder weniger, daß das Steigrad während der Schwingungen der Unruhe auf diese selbst drückt, mithin ihre freie Bewegung hindert und hierdurch die gleichmäßige Dauer der Schwingungen ganz unmöglich macht, worauf es doch bei Chronometern ganz allein ankommt. Wird nämlich von letztern verlangt, daß sie Tag für Tag kaum um etliche Zehntel=Secunden von ihrem gleichmäßigen Gange abweichen sollen, so läßt sich leicht ermessen, wie viel dann auf eine Schwingungsdauer selbst kommt. Auch unmerklich geringe Abweichungen in der Gleichheit der Schwingungen würden sich nach der Zeit eines Tages zu enormen Abweichungen, vielleicht gar zu einer Minute anhäufen, so daß ein Chronometer heute eine Minute vor, morgen vielleicht wieder eine Minute nach gehen würde. Daher kann bei Chronometern nur eine der beiden, oben erwähnten Hemmungen, da bloß diese eine freie Bewegung des Balanciers gestatten, angewendet werden. Wir wollen daher diese zwei Hemmungen jetzt näher beschreiben.

I. Die freie Hemmung, durch nebenstehende Fig. in vergrößertem Maßstabe abgebildet. A ist das in der Richtung des Pfeils sich drehende Steigrad; C die Axe, an welcher der Balancier an den zwei nach rechts und links ausgehenden Speichen, sowie auch die Spiralfeder befestigt ist, was in der Figur wegen Mangels an Raum nicht dargestellt werden konnte. B ist eine mit dem Einschnitte uvx versehene kreisförmige Scheibe, mit der Axe C in fester Verbindung, so daß sie zugleich mit der Unruhe schwingt und hierbei die Zähne r und s des Steigrades nicht berührt, sondern nur knapp vorbeigeht. Ein unten festgeschraubter, aus einer feinen Stahlfeder bestehender, gerader Hebel DDD strebt zufolge seiner Federkraft nach rechts auszuweichen, wird hieran jedoch durch den festen Stift q gehindert, und besteht oben aus den beiden Theilen m



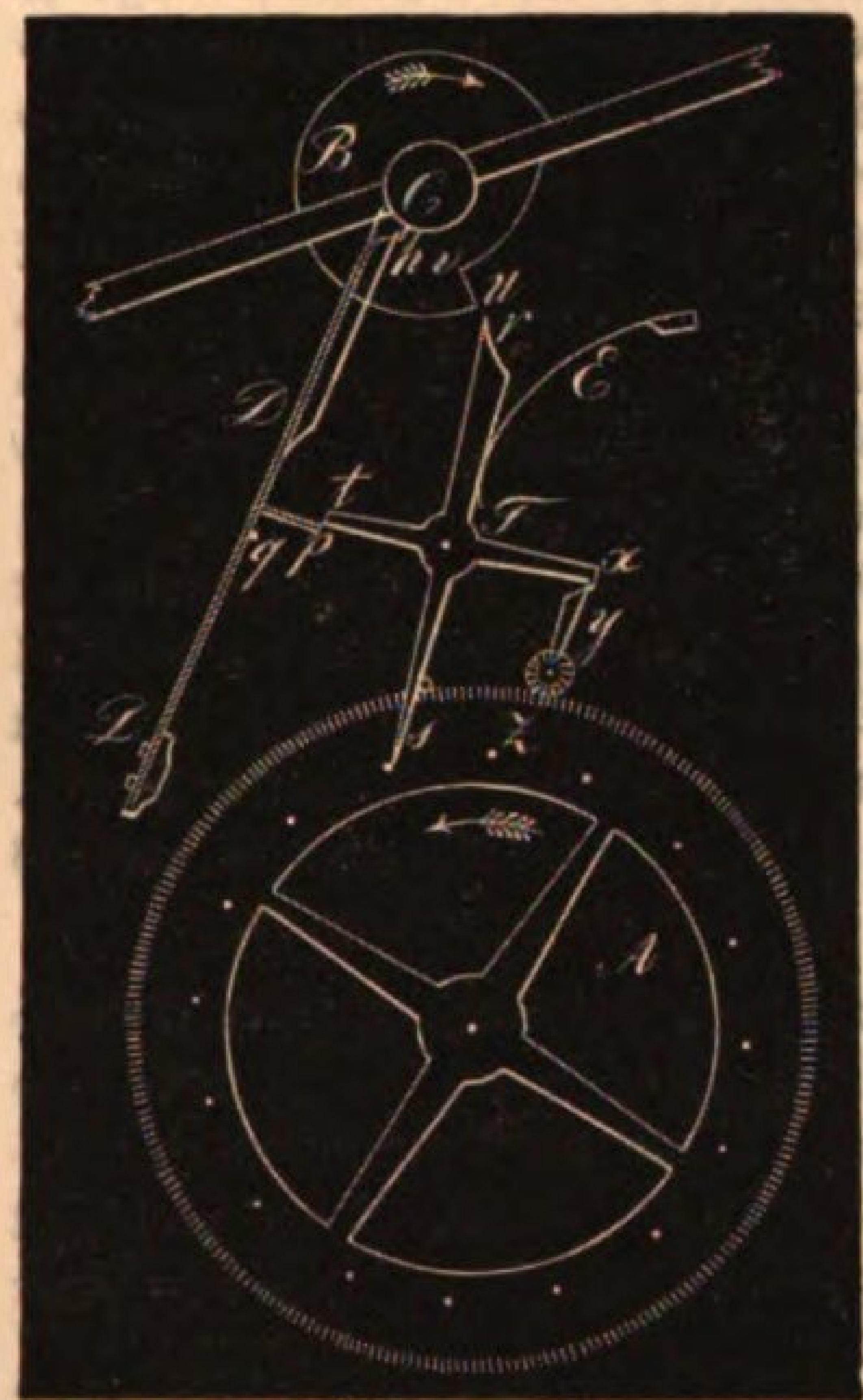
und n; n ist eine bei E an m festgemachte noch feinere Stahlfeder, die zufolge ihrer eigenen Federkraft nach links auszuweichen strebt, so daß sie also stets oben

bei l an dem krumm gebogenen stärkern Hebel D anliegt. Bei p ist an D ein kleines Metallstück angebracht, auf dem der Zahn t des Steigrades aufliegt, so daß nun die Bewegung des Steigrades gehemmt ist; an der Axe der Unruhe befindet sich bei h ein kleiner Zapfen.

Man denke sich nun die Unruhe in schwingender Bewegung zuerst nach der Richtung des Pfeils I, bis sie von dem Zustande an, den Fig. I. darstellt, ungefähr noch 300 Grade durchlaufen hat. Dann geht sie nach der Richtung des Pfeils II zurück; ist nun der Zapfen h bei l angekommen, so hebt er die Feder n und geht ungehindert vorbei, was wegen ihrer großen Dünnheit sehr wenig Kraft erfordert. Bei l vorbeigekommen, legt die Unruhe ungefähr noch einen Weg von 100° zurück, wobei sich also der Zapfen h auf der rechten Seite des Hebels D befindet. Hierauf wird die Unruhe wieder zurückgehen, nunmehr aber der Zapfen h, wieder bis l gekommen, den ganzen Hebel D nach der linken Seite zu heben. Sobald dies geschieht, wird dem Radzapfen t seine Vorlage bei p, die bisher das Steigrad sich zu bewegen hinderte, weggezogen; es wird frei werden und sich nach der angezeigten Richtung plötzlich drehen. Dabei wird jedoch der Zapfen r auf den Einschnitt vu bei u auffallen, wodurch die Unruhe einen plötzlichen kaum eine Tausendtel-Secunde dauernden Stoß erhält. Sobald nun aber der Zapfen h den Hebel D gehoben, fällt er wieder zurück bis an den Stift q, welcher ihn weiter zu fallen hindert, was offenbar geschehen muß, ehe noch der Radzapfen s die Vorlage p erreicht; das Steigrad wird also von neuem hier gehemmt werden. Jetzt wiederholt sich das ganze Spiel der Bewegung auf völlig gleiche Weise. Man sieht leicht, daß bei dieser sinnreichen Hemmung das Steigrad durchaus nicht mit der Unruhe während ihrer Schwingung in Berührung kommt. Bloß dann findet eine jedoch ungemein kurze Berührung statt, sobald der Zapfen des Steigrades auf den Einschnitt vu fällt, wodurch die Unruhe den erforderlichen Impuls empfängt; sie kann demnach ihre Schwingungen ganz frei und ungehindert vollenden. Denn die Hebung der Hebel erfordert eine kaum in Anschlag zu bringende Kraft, die fast als verschwindend klein gegen die elastische Kraft der Spiralfeder sich betrachten läßt. Die augenblicklichen, von dem Steigrade der Unruhe zu gebenden Impulse müssen stets von gleicher Stärke sein, weshalb bei dieser Hemmung ein Schneckenrad nicht fehlen darf.

II. Die freie Hemmung mit constanter Kraft, bei welcher das Schneckenrad wegfällt, ist, obschon complicirter, doch ungleich sinnreicher als die einfache freie Hemmung, und läßt wohl nichts zu wünschen übrig. Sie wird in nachstehender Fig. II. dargestellt. Die Unruhe, die ausgeschnittene Scheibe B, der gegen den Stift q drückende Hebel DD und der kleine Zapfen h sind wie in Fig. I. Dagegen ist das Steigrad A anders eingerichtet; die in der Zeichnung angegebenen Punkte sind aufrecht stehende Stifte. Das Steigrad hat keine Zähne, die in ein anderes sehr kleines Rad eingreifen, mit welchem der einarmige Hebel y verbunden ist. Das Steigrad dreht sich nun nach der Richtung des Pfeils, der Hebelarm wird also nach rechts auszuweichen streben, jedoch daran gehindert durch den nach unten eingeschnittenen Hebelarm x des einarmigen Hebels rstx, welcher in F einen Drehungspunkt besitzt. Diesem Hebel, der bei dieser Hemmung eine Hauptrolle spielt, wird mittelst der Feder E das Bestreben mitgetheilt, den Hebelarm r nach links zu bewegen und zwar offenbar stets mit constanter Kraft. Dieses

II.



Ausschreiten wird jedoch auf die Weise gehindert, daß der Hebelarm t auf dem Vorsprunge p des Hebels D aufliegt. Er hemmt aber auch zugleich das Steigrad, indem sich letzteres nur bewegen könnte, sobald y nicht von x aufgehalten würde. Die Lage der Unruhe ist so, daß, wie auch Fig. II. zeigt, die Scheibe sehr nahe an r vorbeigeht, aber es nicht berührt. Denken wir uns nun die Unruhe schwingend, so wird der Zapfen h einmal durch Hebung der kleinen Feder bei l ungehindert vorbeigehen, dann aber, sobald die Bewegung entgegengesetzt und folglich so geworden ist, wie sie durch den Pfeil bei B angedeutet wird, den Hebel D heben. Dadurch wird dem vierarmigen Hebel die Vorlage p weggezogen und der Hebelarm r auf den Einschnitt vu fallen und somit der Unruhe einen augenblicklichen Impuls geben, der Hebelarm s dagegen zu gleicher Zeit nach dem Stifte z des Steigrades zu fallen und also offenbar in dieser Lage bleiben, wenn nicht durch dieselbe Bewegung des vierarmigen Hebels auch dem Hebel y seine Vorlage entzogen und das Steigrad auf diese Weise selbst frei würde. Durch die Bewegung des Steigrades wird aber der Hebelarm s vom Stifte z mit fortgeführt, t tritt wieder hinter p, und q wird, nachdem es sich einmal herumgedreht, durch x gehemmt, wodurch folglich Alles wieder die Lage erreicht, wie sie Fig. II. darstellt. Alle diese Bewegungen, obschon in gewisser Aufeinanderfolge, geschehen doch so plötzlich, daß sie vollendet sind, ehe noch der ausgeschnittene Theil der Scheibe B ganz vor r vorbei gegangen ist, mithin wenn das Chronometer halbe Secunden angiebt, ungefähr im 30. Theile einer Secunde. Bei dieser Hemmung ist folglich durchaus nicht nöthig, daß das Steigrad stets mit gleicher Kraft gedreht werde, wofern diese nur immer stark genug ist, den vierarmigen Hebel wieder in seine vorige Lage zurück zu bringen. Denn die Unruhe empfängt die Impulse nicht von dem Steigrade, mit welchem sie in keine Berührung kommt, sondern von dem vierarmigen mittelst der Feder E angespannten Hebel. So lange daher diese Feder gleiche Elasticität behält (was sicher Jahre hindurch stattfindet), so lange wird auch die Unruhe gleich starke Impulse erhalten. Demnach ist bei dieser Hemmung ein Schneckenrad überflüssig. Gewöhnlich wird die freie Hemmung mit constanter Kraft bloß bei Porchronometern angewandt, weil Taschenchronometer den hierzu nöthigen Raum nicht besitzen. Uebrigens sollen Fig. I. und Fig. II. bloß das Princip darstellen, keineswegs aber zeigen, wie die einzelnen Theile dieser Hemmungen wirklich ausgeführt werden müssen, was ohnedem den Künstlern zu überlassen ist.

Eine wichtige Rolle spielt, wie bei jeder Federuhr überhaupt, vorzüglich bei einem Chronometer die Spiralfeder. Da nämlich von ihr so ungemein viel abhängt,

so macht man sie durchweg von gleicher Stärke und windet sie cylinderförmig, so daß also die einzelnen Windungen über einander liegen, doch aber sich nicht berühren dürfen. Die Länge und Stärke der Spiralfeder muß zu dem Trägheitsmoment der Unruhe ein gewisses constantes Verhältniß haben, damit alle Schwingungen der Unruhe, sie mögen nun groß oder klein sein, in derselben Zeit vollendet werden, d. h. sie müssen tautochron sein und nicht bloß isochronisch, wie die Künstler zu sagen pflegen, allerdings die schwierigste Forderung, welche der Chronometermacher zu erfüllen hat. Es giebt, der Erfahrung zufolge, für jedes Trägheitsmoment der Unruhe nur eine einzige Spiralfeder von gewisser Länge und Dicke, welche die Schwingungen der Unruhe tautochron macht. Tautochronismus der Schwingungen aber ist eine unerläßliche Bedingung. Denn anfangs, wo das Oel im Chronometer noch frisch ist, werden die Schwingungen größer sein, alsdann jedoch stets kleiner und kleiner, natürlich nur bis zu einer bestimmten Grenze. Wäre also kein Tautochronismus vorhanden, so würde ein Chronometer anfangs nachgehen und im Laufe der Zeit einen immer schnellern Gang annehmen.

Bisher war angenommen, daß ein Chronometer bei einer gewissen Temperatur den richtigen Gang habe. Weil aber die Temperatur sich häufig bedeutend ändert, so wird vorzüglich wegen der veränderten Länge der Spiralfeder eine Beschleunigung oder Verzögerung des Ganges eintreten. Diesen Fehler verbessert man durch die sogenannte Compensation der Unruhe; man findet dieselbe zu Ende des Artikels Compensation näher beschrieben.

In der Verfertigung ausgezeichnet guter Chronometer haben sich Harrison, Le Roy, die beiden Berthoud, Arnold, Kendal, Brookbanes, Pennington, Mudge, Emery, Barrow, Earnshaw, Jürgensen, Bréguet, Kessels, Dent u. A. m. berühmt gemacht; die Kunsterzeugnisse der vier zuletzt genannten erregen die größte Bewunderung und werden jetzt am meisten geschätzt. — Was übrigens den in neuerer Zeit wahrgenommenen merkwürdigen Einfluß des Erdmagnetismus auf den Gang der Chronometer während mancher Seereisen betrifft, so fand sich sehr häufig ein Unterschied von einer oder mehrern Secunden im täglichen Gange eines Chronometers, sobald dieses mit der Stundenzahl XII. einmal nach dieser, dann aber nach der entgegengesetzten Richtung gewendet wurde. Die Ursache hiervon liegt höchst wahrscheinlich in dem Magnetismus der Unruhe oder vielmehr in dem des stählernen diametralen Steges der Unruhe, weshalb man auch vorgeschlagen hat, diesen Steg aus Platina anzufertigen. Man sehe hierüber: Edinb. Philos. Journ. No. 17 p. 41, No. 19 p. 1 und Philos. Transact. for 1822 p. 241.

Wie schon zu Anfange dieses Artikels bemerkt worden, ist der Zweck eines Chronometers, eine genaue Zeitbestimmung abzugeben, dann aber auch vorzüglich, die Zeiten zweier Orte unmittelbar mit einander vergleichen lassen zu können, um die Meridiandifferenz dieser beiden Orte zu finden. Wie hierbei am sichersten zu verfahren ist, wird z. B. in G. A. Jahn's Prakt. Astron. II. Bd. S. 71 ff. (Berlin 1835) ziemlich ausführlich nachgewiesen. Daher giebt der Gebrauch eines sehr guten Chronometers bekanntlich die einfachste Methode der Längenbestimmung, sowohl auf dem festen Lande als auch ganz besonders zur See, daher die Chronometer auch See- oder Längenuhren genannt werden. J.

Chrysotypie, s. Lichtbilder.

Circumpolarsterne, heißen die, dem uns sichtbaren Nordpole des Himmelsäquators nahestehenden, Fixsterne, unter denen der Polarstern, als dem Pole am nächsten stehend, der wichtigste ist. Die Beobachtungen der Circumpolarsterne geben die Bestimmung der Polhöhe φ des Beobachtungsortes; denn bezeichnen H und h respective die in der obern und untern Culmination eines Circumpolarsterns beobachteten, bereits von der Refraction befreieten, Meridianhöhen desselben, so ist entweder $\varphi = H - \frac{1}{2}(H - h)$ oder $\varphi = h + \frac{1}{2}(H - h)$ oder $\varphi = \frac{1}{2}(H + h)$. Nur darf wegen der Ungleichheit der Refraction die Differenz H — h nicht zu groß sein; auch muß man die Sternzeit genau kennen. Man beobachtet daher lieber gleiche Höhen der Circumpolarsterne, d. h. man observirt zu beiden Seiten des Meridians in nahe gleicher Distanz von diesem einen Circumpolarstern, indem nachher der Fehler des Stundenwinkels in entgegengesetztem Sinne auf die Höhenänderung dieses Circumpolarsterns einwirkt. Auch können die Fehler eines Passageninstruments durch beobachtete Circumpolarsterne bestimmt werden. J.

Cirkel, s. Cyklus.

Cohäsion (v. d. lat. cohaerere zusammenhängen), heißt der Zusammenhang der Theile eines und desselben Körpers unter einander. Am stärksten ist dieser Zusammenhang bei denjenigen Körpern, welche feste Körper heißen. Die größere oder geringere Cohäsion der Theile dieser Körper unter einander bestimmt den Grad ihrer Festigkeit, so daß die Untersuchungen über die Cohäsion dieser Körper mit denen über ihre Festigkeit zusammenfallen; s. d. Art. Festigkeit. Auch tropfbar flüssige Körper zeigen Cohäsion, indem ihre Theile in stärkerem oder schwächerem Zusammenhange unter einander stehen bei den verschiedenen Flüssigkeiten, indem einige mehr, andere weniger zäh sind. Die Tropfenbildung selbst zeigt, daß Zusammenhang der Theile eines flüssigen Körpers unter einander stattfindet.

Ist die Anziehung eines flüssigen oder eines festen Körpers stärker, als der Zusammenhang der Theile des flüssigen Körpers unter einander, so bilden sich, wenn beide Körper zusammen gebracht werden, keine Tropfen, sondern der flüssige Körper breitet sich über die Oberfläche des festen Körpers aus, benetzt den Körper. Ist dagegen die Cohäsion des tropfbar flüssigen Körpers stärker als die Adhäsion an dem festen Körper, so wird er auf dem letzteren Tropfen bilden, runde Kugeln, welche durch die Schwere und die Adhäsion etwas plattgedrückt sind. So z. B. bildet Quecksilber auf Glas, Wasser auf Bärlappsamen, der Thau auf den Blättern der Pflanzen, Tropfen. Auffallend läßt sich die Cohäsion des Quecksilbers nachweisen, wenn man kleine Kügelchen desselben, von möglichst gleicher Größe, auf eine Glasplatte bringt, und eine zweite Glastafel über dieselben legt, so daß diese von den Kügelchen getragen wird. Vermehrt man nun die Abplattung der Kügelchen noch durch Druck auf die obere Glastafel und läßt dann mit dem Drucke nach, so ziehn sich die Kügelchen vermöge der Cohäsion wieder zusammen und heben die Glastafel. — Einige Körper werden von bestimmten Flüssigkeiten gar nicht benetzt, wenn man sie in dieselben taucht, d. h. die Anziehung dieser Körper gegen die flüssigen (Adhäsion) ist so gering, daß sie nicht im Stande ist, den Zusammenhang der Theile des flüssigen Körpers unter einander zu zerreißen. So wird Fett durch Wasser nicht benetzt, Eisen nicht durch Quecksilber. Das Quecksilber benetzt den gemeinen Flor nicht. Daher kann man in einem Flore Quecksilber tragen, ohne daß dieses hindurchläuft, durch die Oeffnungen des Flors treten nur kleine

Halbkugeln des Quecksilbers vor, ohne daß sie aber herabfallen. So auch kann man Leinen mit Hexenmehl bestreuen und sodann Wasser darin tragen. Auch in den Fällen, wo zwei Flüssigkeiten sich nicht mit einander vermischen, (wie Oel und Wasser) findet eine größere Anziehung der Theile der einzelnen Flüssigkeiten unter einander (Cohäsion), als der Flüssigkeiten zu einander (Adhäsion) statt.

Die Cohäsion des Wassers mag auch der Grund sein, daß man specifisch schwerere Körper als Wasser doch auf demselben zum Schwimmen bringen kann, wenn dieselben sehr dünn sind, z. B. Nähnadeln. Eine stählerne Nähnadel von 0,5 Par. Linien Durchmesser und 19 Linien Länge, deren Gewicht 3,5 Gran beträgt, ist nach Parrot die größte, welche noch zum Schwimmen auf Wasser gebracht werden kann. *). Man hat geglaubt, daß eine feine Haut sich über dem Wasser bilde, welche hinlänglich stark wäre, um das Durchbrechen jener kleinen Körper zu hindern, allein die Erscheinung ist hinlänglich erklärt, wenn man annimmt, daß die Cohäsionskraft der Theile des Wassers unter einander größer sei, als daß sie durch den Druck jener kleinen Körper überwunden werden könnte. Rumford **) erinnert, daß ohne den Zusammenhang und die gegenseitige Anziehung der Wassertheile unter einander, durch den Sturm viel ungeheure Massen Wassers, und viel weiter fortgeführt werden müßten, als geschieht; dies wird besonders einleuchtend, wenn man bedenkt, wie der Sturm Sand- und Staubwolken mit sich fortzuführen vermag. Andere Flüssigkeiten haben geringere Cohäsion als Wasser, daher auch kleine specifisch schwerere Körper auf ihnen schwerer oder gar nicht zum Schwimmen zu bringen sind; z. B. Alkohol, Aether, und hieraus folgert Rumford, daß diese Flüssigkeiten auch leichter als Wasser verdunsten. Hierher gehören auch die Erscheinungen, daß Goldblättchen, obgleich sie specifisch viel schwerer als Wasser sind, doch in diesem nicht untergehen; ebenso bleiben die feinsten Theile der Pigmente im Wasser sehr lange schwebend. Spinnen und andere kleine Wasserthiere laufen, ohne unterzusinken, über das Wasser hin, weil sie dünne fadenartig in 5 bis 6 Spitzen auslaufende Füße haben, welche wie die erwähnten Nähnadeln nicht untersinken, sondern nur eine kleine Vertiefung in das Wasser machen.

Für die Ansicht, daß die Wärme das der Anziehung entgegengesetzte Princip sei (vergl. d. Art. Abstoßung, S. 17), wie man am deutlichsten an der Ausdehnung der Körper durch Wärme, besonders auch an der Verdampfung der Flüssigkeiten sieht, — spricht auch der von La Place und Lichtenberg beobachteteUmstand, daß eine erwärmte Flüssigkeit mehr und kleinere Tropfen giebt, als eine kalte; auch breitet sich erwärmtes Wasser leichter und schneller aus als kaltes. Der Cohäsion wirkt ferner auch die Elektricität entgegen. Wenn man in einer Flüssigkeit einerlei Elektricität anhäuft, so wird dadurch die Cohäsion derselben vermindert, indem sich die gleichartig elektrisch gewordenen Flüssigkeitstheilchen gegenseitig abstoßen. Wasser z. B. in einem Gefäße, welches so schief gestellt ist, daß das Wasser nur gerade gehalten durch die Cohäsionskraft nicht heraus tropft, — tropft alsbald aus dem Gefäße heraus, wenn es elektrisirt wird.

Man hat die ganze Erscheinung der Cohäsion aus dem Drucke der atmosphä-

*) Gilb. Ann. Bd. XXV. S. 121 ff.
**) Theor. Phys. T. I. p. 339.

rischen Luft erklären wollen *), doch kommt man mit dieser Erklärung namentlich bei den festen Körpern gar nicht aus. Allerdings werden durch den atmosphärischen Druck die Theilchen einer Flüssigkeit und die in derselben enthaltenen Gastheilchen comprimirt, welche letztere dann unter der Luftpumpe bei Aufhebung des Luftdruckes entweichen können und ein Wallen der Flüssigkeit erzeugen. Die eigentliche Cohäsionskraft der Flüssigkeitstheilchen wird jedoch dadurch keineswegs vermindert, im Gegentheile scheint sie sich zu verstärken, wie F. Donny **) neuerdings durch mehrere interessante Versuche mit Schwefelsäure und Wasser gezeigt hat. Derselbe füllte den verschlossenen 1,30 Meter langen Schenkel eines U-förmigen Manometers mit Schwefelsäure und befreite diese von den in ihr enthaltenen Lufttheilchen. Hierauf wurde der Apparat unter die Luftpumpe gebracht und obgleich im offenen Schenkel des Manometers die Schwefelsäure nur 45 Millimeter hoch stand, so daß der Höhenunterschied beider Säulen 1,255 Meter betrug, sank die längere Flüssigkeitssäule nach Aufhebung des äußeren Luftdruckes doch selbst dann nicht einmal, als man der Luftpumpe ziemlich starke Stöße ertheilte. Diese Säule wurde also nur durch die Anziehungskraft des Glases und Cohäsion der Flüssigkeitstheilchen getragen. Ebenso zeigte sich bei den Versuchen mit Wasser eine bedeutende Cohäsion und Donny glaubt, daß dieselbe eine Säule von mehr als 10 Meter Höhe zu tragen im Stande sein würde. Als er das luftfreie Wasser erhitzte, glückte es ihm, die Wärme bis 135° C. zu steigern, ohne daß es zum Sieden kam. Da nun aber unter einem Drucke von drei Atmosphären das Wasser bis 135° C. erhitzt nicht in flüssigem Zustande bleiben kann, so würde hieraus folgen, daß die Cohäsionskraft für sich allein jenem Drucke das Gleichgewicht halten würde.

Donny glaubt, daß das Aufstoßen, welches sich bei Flüssigkeiten einstellt, die einige Zeit im Sieden erhalten werden, darauf beruhe, daß die Cohäsion einer stark erhitzten und daher nur wenig oder keine Lufttheilchen enthaltenden Masse Flüssigkeit plötzlich unterbrochen werde. In der That ist es ihm auch geglückt, durch einen hinzugeführten Strom atmosphärischer Luft dies Aufstoßen zu verhüten.

Die Cohäsionskraft ist hiernach eine viel bedeutendere Kraft, als man bisher glaubte, indem man sie nach dem Widerstande schätzte, den eine an einer Scheibe adhärirende emporgehobene Flüssigkeitssäule dem Zerreißen entgegensetzte. Allein dies Zerreißen erfolgt, wie Donny mit Recht bemerkt, nicht plötzlich, so daß alle an den Trennungsflächen liegenden Theilchen zu gleicher Zeit aus einander gehen, was bei den festen Körpern geschieht, sondern die Flüssigkeitssäule verengert sich bis zur völligen Trennung. Ja man kann nicht einmal behaupten, daß hierbei die Flüssigkeitstheilchen von einander gerissen wurden, vielmehr verschieben sie sich nur an einander, wozu bei ihrer großen Beweglichkeit wenig Kraft erforderlich ist. Es steht zu erwarten, daß über diesen Punkt die Physiker genauere Untersuchungen anstellen.

Bei elastischen Flüssigkeiten kann man von Cohäsion nicht sprechen, da sich diese stets von selbst soweit ausdehnen, als es der Raum zuläßt, in dem sie eingeschlossen sind.

---

*) Joh. Bernoulli dissert. de gravitate aetheris 1682. — Hawksbee in Phil. Tr. T. XXV. p. 2223.

**) Pogg. Ann. Bd. LXVII. S. 562.

Cohäsionsplatten, s. Adhäsionsplatten.

Collectivglas, s. Brennglas.

Collector, s. Condensator.

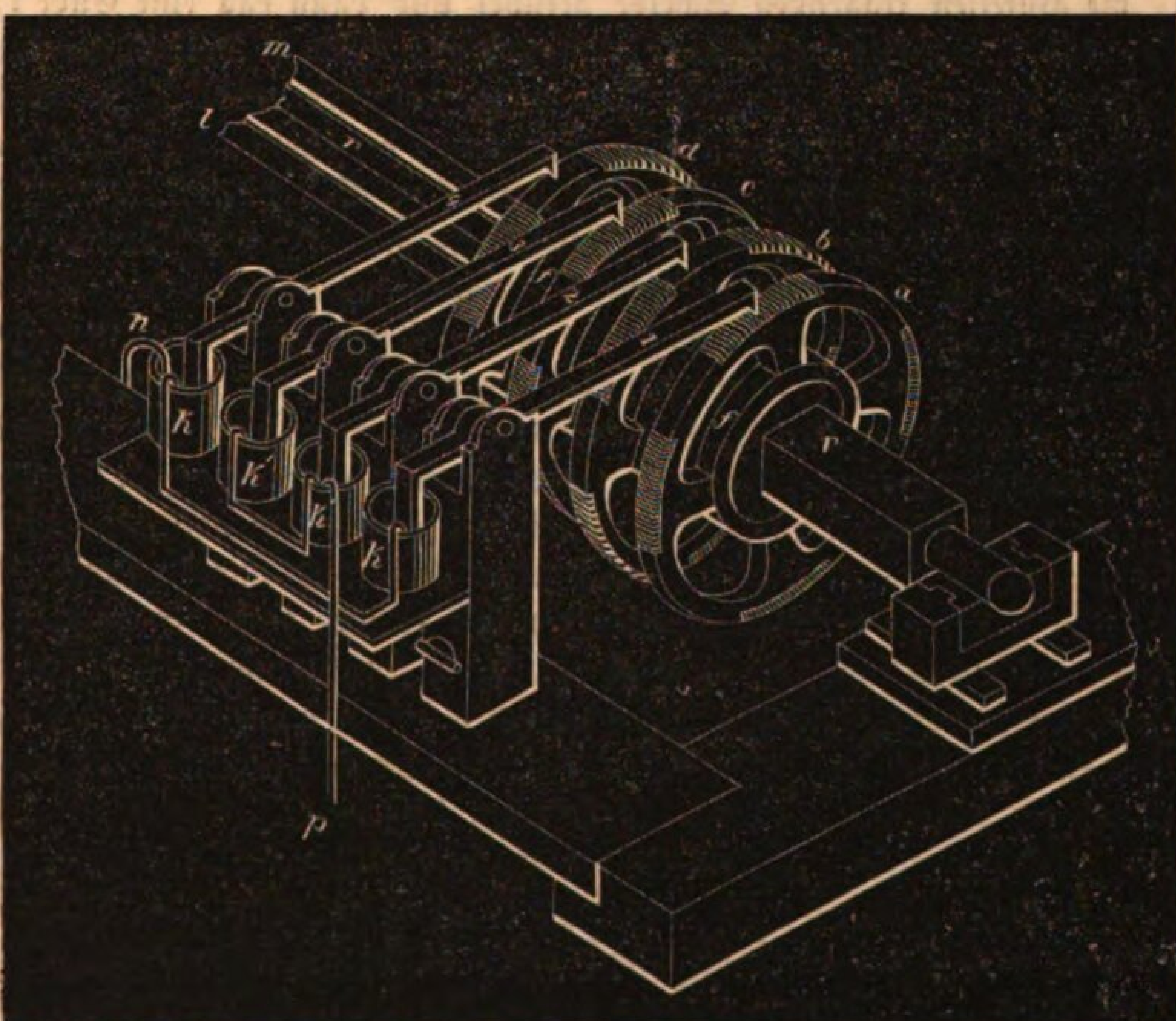
Collimation, Collimationsfehler, s. Collimator.

Collimator und Collimationsfehler. Ersterer ist im Allgemeinen ein zur Berichtigung der optischen Axe eines Mittagsfernrohrs oder eines Meridiankreises dienender Apparat. Er ist ein, mit einem Fadennetz versehenes, Fernrohr und sein Gebrauch beruht auf dem Satze, daß man alle im Sehfelde eines Fernrohrs befindlichen Gegenstände, vom Objectivglas aus betrachtet, als unendlich entfernte Punkte wahrnimmt. Richtet man demnach zwei Fernröhre mit ihren Objectivgläsern gegen einander, so daß ihre Axen in eine und dieselbe Gerade fallen, so wird man in dem einen Fernrohre das Fadennetz des andern so erblicken, als kämen die Strahlen von einem unendlich entfernten Punkte. Soll z. B. der Collimationsfehler eines Mittagsfernrohrs, d. h. die Abweichung der optischen Axe desselben von dem auf die Drehungsaxe des Instruments gefällten Perpendikel, ausgemittelt und corrigirt werden, so richtet man das Instrument auf einen entfernten Punkt des Horizonts, bemerkt sich die Lage des verticalen Fadens gegen denselben und legt dann das Mittagsrohr um, so daß der vorhin nach Osten gerichtete Zapfen der horizontalen Drehungsaxe nun nach Westen gerichtet ist. Hat jetzt der bemerkte Punkt in dieser neuen Lage des Fernrohrs wieder dieselbe Lage gegen den Verticalfaden, so ist kein Collimationsfehler vorhanden; im entgegengesetzten Falle wird man aber die Hälfte der beobachteten Differenz corrigiren müssen. Zweckmäßiger kann man sich einen entfernten Punkt mittelst des Collimators verschaffen, indem man ein anderes kleineres Mittagsfernrohr so aufstellt, daß man mit dem größern in das Objectivglas des kleinern sehen kann. Dann wird das Fadennetz des Collimators so erblickt, als kämen die Strahlen aus unendlicher Ferne; auch wird hierbei noch der Vortheil erreicht, daß man selbst bei Nacht mittelst Erleuchtung des Fadennetzes im Collimator einen solchen fixen Punkt erhalten kann. Es wird übrigens dem Fadennetz des Collimators eine solche Lage gegeben, daß beide Fäden gegen den Horizont unter 45° geneigt sind, weil sich dann der Durchschnittspunkt der Fäden am besten gegen den Verticalfaden des Mittagsfernrohrs bemerklich macht. — Bei einem Meridiankreise ist die Kenntniß des Zenithpunktes eines der wichtigsten Elemente, ohne das man die mit demselben angestellten Beobachtungen nicht berechnen kann. Zur Bestimmung desselben kann man sich des vom Capitän Kater erfundenen schwimmenden Collimators bedienen, der aus einem kleinen, auf einem eisernen Schwimmer dergestalt befestigten Fernrohre besteht, daß dieses eine möglichst horizontale Richtung annimmt, wenn man den ganzen Apparat auf einer Quecksilberfläche schwimmen läßt. Bringt man nun diesen Collimator einmal auf die eine Seite des Meridiankreises, sodann auf die andere und mißt beide Male den Zenithabstand des Durchschnittpunktes der Fäden im Collimator, indem man die Objectivgläser beider Fernröhre gegen einander richtet, so kann man diese Zenithdistanzen als die zweier Sterne betrachten, welche gleiche Höhe haben, und von denen der eine nach Norden, der andere nach Süden steht. Die Differenz jener Zenithdistanzen, die im Allgemeinen nicht gleich sein werden, zeigt an, wie viel das Zenith des Instruments von dem wahren Zenith abweicht. Eine andere und in mancher Hinsicht bequemere Einrichtung hat man diesem Collimator dadurch gegeben, daß man das kleine Fernrohr senkrecht stellte. Z.

Colorigrade, s. Kyanometer.

Columbium, s. Tantal.

Commutator (v. d. lat. commutare umändern) hat Jacobi*) eine klug ersonnene Vorrichtung genannt, welche bestimmt ist, die Richtung eines elektrischen Stromes in schnell auf einander folgenden Wiederholungen umzukehren. Umwickelt man eine weiche Eisenstange mit einem übersponnenen Draht, und läßt durch diesen einen elektrischen Strom gehen, so wird die Eisenstange augenblicklich in einen Magnet (Elektromagnet) verwandelt; das eine Ende ist nordpolarisch, das andere südpolarisch; verwechselt man nun aber die Enden des umgewickelten Drahtes, so daß sie mit den entgegengesetzten Polen des Elektrometers in Verbindung gesetzt werden, so verliert die Eisenstange während der Umwechslung ihren Magnetismus und ist nach der Umwechslung sogleich entgegengesetzt magnetisch; da wo früher Nordpol war, ist jetzt Südpol, da wo Südpol war, Nordpol. Zur Hervorbringung einer rotatorischen Bewegung, welche auf der wiederholten Umkehrung der magnetischen Polarität von Eisenstangen beruht, erfand nun Jacobi seinen Commutator. Die nachstehende Abbildung versinnlicht denselben. a, b, c, d sind vier Kupferscheiben, befestigt auf der Axe rr. Auf der Seite von r′ steht die



Axe mit den Elektromagneten in Verbindung, auf welche es hier nicht weiter ankommt. Die Scheiben a und b, sowie c und d stehen durch die Kupferröhren f und f in leitender Verbindung; beide Scheibenpaare sind aber durch die überfirnißte Holzaxe zwischen den Scheiben b und c vollständig von einander isolirt. Jede Scheibe ist auf ihrem Umfang in acht genau gleich große Theile getheilt, von denen

*) Mémoire sur l'application de le'lectro-magnétisme au mouvement des machines par M. H. Jacobi. Potsdam 1805. Pogg. Ann. Bd. XXXVI. S. 367.

vier ausgeschnitten, und durch Ebenholz, Glas, Buchsbaum oder irgend einen andern nicht leitenden Stoff, genau dem Umkreis des Ganzen entsprechend, wieder ausgefüllt sind. Die Scheiben sind so auf der Rotationsaxe befestigt, daß die Holz- und Metallsectoren einander abwechselnd gegenüberstehen. 1, 2, 3, 4 sind vier kupferne, um ihre Axe sehr bewegliche Hebel. Sie haben den Strom der voltaschen Kette zu leiten. Der längere Arm eines jener Hebel läuft in einer Schneide aus, die auf dem Umfang der entsprechenden Scheibe ruht. Der andere Arm ist gekrümmt und taucht in ein kleines mit Quecksilber gefülltes Gefäß k. Wie man sieht, sind einerseits die Gefäße kk und andererseits die k′k′ durch Kupferdrähte leitend mit einander verbunden. Sie lassen sich aber ebenso auf andere Weise combiniren. Das Spiel dieses Commutators ist nun leicht zu verstehen. Die Hebel sind immer mit den Scheiben in Berührung, und zwar, wenn diese sich drehen, abwechselnd mit den metallischen und den hölzernen Theilen. Durch die Beweglichkeit um ihre Axen geben die Hebel den geringsten Unebenheiten der Oberfläche nach, und die durch sie veranlaßte Reibung ist sehr unbedeutend. Die Enden l und m des Drahtes, welcher zur Erzeugung des Elektromagnetismus dient und in welchem die Richtung des Stroms umgekehrt werden soll, sind längs der Axe der großen, die Hufeisen tragenden Scheibe geführt und dann das eine Ende l, das andere m mit den Scheibenpaaren a und b, c und d durch Löthung verbunden. Die Drähte p und n führen zur voltaschen Säule; ersterer taucht in ein Gefäß k′, letzterer in eins von k. Werden durch Umdrehung der Axe rr′ (welche bei dem Apparate von Jacobi durch die Kraft der voltaschen Säule selbst bewirkt wird) die abwechselnden Umkehrungen der Pole bewirkt, so geht der elektrische Strom bald nach der einen Richtung, bald nach der entgegengesetzten durch den Draht ml, welcher den Elektromagnetismus erzeugt und die Elektromagnete wechseln ebenso oft ihre Polarität. Wir wollen annehmen, der Draht p stehe mit dem positiven Pole der Säule in Verbindung, der Draht n mit dem negativen Pole. In der Stellung, welche die Zeichnung angiebt, steht Hebel 1 und 3 mit dem Ebenholz in Berührung, Hebel 2 und 4 mit dem Metalle. Der elektrische Strom (vom positiven zum negativen Pole) geht also durch p, in die combinirten Gefäße k′ und k′ durch Hebel 2 (weil 3 isolirt ist) durch das Scheibenpaar b und a (welche durch ein Stück Kupferröhre leitend verbunden sind) nach m, wird von diesem Drahte um die Elektromagnete geführt und strömt durch l nach der Combination c und d, durch Hebel 4 in die Gefäße k und endlich durch n zum negativen Pole der Säule zurück. Drehen sich die Scheiben um ein Achtel Umdrehung, so kommen die Hebel 1 und 3 auf Metall, die Hebel 2 und 4 auf den Isolator zu liegen und nun geht der Strom durch p nach k′, nach Hebel 2 und 3, da aber jetzt Hebel 2 isolirt ist, durch 3 nach der Combination c und d und durch diese nach dem mit ihr fest verbundenen Drehrade l, und kehrt durch m, die Combination a und b, den Hebel 1, die Gefäße k endlich durch n zum negativen Pole zurück.

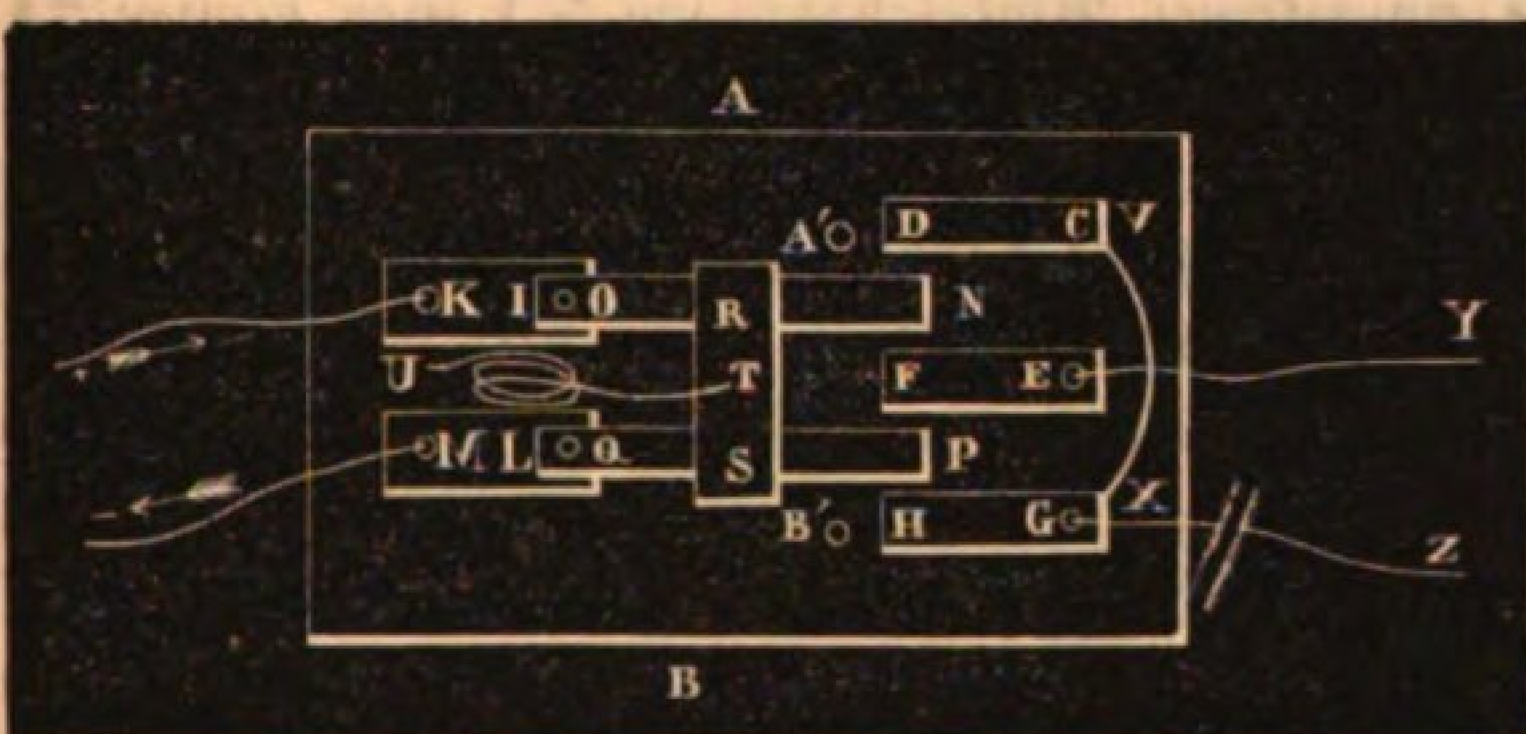
Die diesem Commutator zu Grunde liegende Idee ist vielfach benutzt worden; es liegt auch nahe, die Hebel durch Federn und die Gefäße durch metallische Verbindungen ohne Quecksilber zu ersetzen, nach Art des sogleich näher zu beschreibenden Instrumentes.

Der **Commutator von Dujardin** *) ist gleichfalls bestimmt, die Rich-

*) Ann. de Chim. et Phys. Sér. III. T. IX. p. 110. Pogg. Ann. Bd. LX. S. 407.

tung eines elektrischen Stromes schnell und ohne Schwierigkeit umzukehren, aber hier geschieht dies ganz nach Willkür; es ist nicht dafür gesorgt, daß es auf eine regelmäßige und sich schnell wiederholende Weise geschehen könne, wie dies bei dem Commutator in Folge von dessen Radbewegung der Fall ist.

Auf einem rechteckigen Bret AB sind fünf recht blanke Kupferplättchen befestigt: CD, GH, EF, JK, LM. Die beiden ersten, CD und GH, stehen durch einen angelötheten Kupferdraht VX mit einander in Verbindung. Die beiden letzten, IK und LM, enthalten die Löcher K und M, worin die Polardrähte der Säule eingesteckt, und mittelst Holz oder Metallpflöcke festgeklemmt werden. Ebenso sind die Galvanometerdrähte YZ in den



Löchern EG der Plättchen FE und HG befestigt. — NO und PQ sind zwei Kupferstreifen, die in O und Q durch Stifte mit den Plättchen IK und LM drehbar verbunden sind. Ein Holzriegel RS, an welchem sie mittelst locker angezogener Schrauben befestigt sind, erhält sie in Parallelismus. Eine Feder TU von Eisen oder Messing drückt auf diesen Riegel, um die Kupferplatten in gehöriger Berührung zu halten. — Die Commutation geschieht dadurch, daß man die Streifen ON und PQ mittelst des Holzriegels RS hin- und herschiebt. Berühren diese Streifen die Plättchen FE und HG, so geht der Strom in einer Richtung durch die Galvanometerdrähte, berühren sie aber die Streifen DC und FE, so durchläuft er dieselben in entgegengesetzter Richtung. Damit die Verschiebung sanft geschehe, sind die Zwischenräume der drei Plättchen DC, FE, HG durch Holzplatten von gleicher Höhe ausgefüllt, und damit sie nicht zu weit getrieben werde, stehen zu beiden Seiten die Holzpflöcke A′ und B′.

Ein Instrument zur beliebigen Umkehrung des Stroms einer hydro- oder thermoelektrischen Kette, oder auch zur bloßen Unterbrechung desselben hat **Poggendorff** unter dem Namen **Inversor** (s. d. Art.) angegeben.

Compaß, s. **Declinatorium**.

Compensation (v. d. lat. compensatio, Aufwägung) bedeutet eigentlich jede Vorrichtung zur Aufhebung (Aufwägung) irgend eines störenden Einflusses, vorzugsweise aber eine solche Vorrichtung, welche dient, den störenden Einfluß der Wärme auf Instrumente (durch ihre Eigenschaft alle Körper auszudehnen) aufzuheben. Namentlich wirkt die Wärme störend auf Uhrwerke, wie man an jeder gewöhnlichen Taschenuhr oder Wanduhr bemerken kann, indem die Uhr bald langsamer, bald schneller geht, je nachdem sich die Temperatur der sie umgebenden Luft ändert.

Da durch die Wärme jeder Körper, also auch die Pendelstange ausgedehnt wird, so muß sich ein Pendel (s. d.) desto langsamer bewegen, je mehr die es umgebende Luft und durch diese es selber erwärmt ist; also wird auch jede Pendeluhr in der Wärme langsamer gehen als in der Kälte *). Die Größe dieses Einflusses

*) **Brandes** sagt: Der Secundenzeiger der Pendeluhr rückt immer um 60 Secunden fort, wenn das Pendel 60 Schläge vollendet, aber diese angeblichen Secunden sind nicht

läßt sich leicht berechnen. Es dehnt sich bekanntlich das Eisen zwischen 1° bis 100° C. um 0,00117 seiner Länge aus (s. d. Art. Ausdehnung S. 576). Haben wir nun ein Pendel von 440 Par. Linien Länge, so beträgt seine Ausdehnung bei 10° C. dann 0,000117 $\times$ 440 Lin. = 0,051. Da nun bei 0,01 Par. Lin. Verlängerung der Pendellänge eine Verspätung des Ganges der Uhr von nahe einer Secunde zur Folge hat, so bleibt eine Uhr, welche bei 1° C. richtig ging, bei 10° C., wenn sie ein eisernes Pendel hat, um 5,1 Sec. binnen 24 Stunden zurück. Hat die Uhr ein Pendel von Messing oder Kupfer, welche Metalle sich beide um 0,0019 zwischen 1° bis 100° C. ausdehnen (s. d. Art. Ausdehnung S. 577 u. 578), so beträgt die Ausdehnung eines Pendels von 440 Lin. Länge bei 10° C. dann 0,00019 $\times$ 440 = 0,083 Lin., die Verspätung der Uhr mit einem solchen Pendel in 24 Stunden also 8,3 Secunden. Die Verspätung einer Uhr unter den gegebenen Umständen mit einem eisernen Pendel verhält sich also zur Verspätung einer Uhr mit einem messingenen oder kupfernen Pendel von gleicher Länge, wie 5,1 : 8,3 oder ungefähr 5 : 8; und ebenso verhalten sich auch die relativen Ausdehnungen der genannten Metalle = 0,00117 : 0,00190 = 117 : 190 und des Eisens und Zinks 3,5 : 9, so daß sich eine Uhr mit einem Pendel von Zink, 440 Lin. lang, bei 10° C. um 13 Sec. in 24 Stunden verspäten würde.

Wo es auf Genauigkeit in Bestimmungen mittelst des Pendels ankommt, kann diese Veränderung, welche dasselbe durch die Temperatur erleidet, nicht vernachlässigt werden, und man mußte daher auf Mittel denken, diesen Einfluß entweder ganz aufzuheben oder doch unschädlich zu machen. Das erstere kann in vielen Fällen dadurch geschehen, daß man die Temperatur, in welcher sich das Pendel befindet, auf einem bestimmten Grade zu erhalten sucht; dies geht aber namentlich auf Sternwarten, die nicht geheizt werden dürfen, nicht an. Ein anderes Mittel wäre, zu den Pendeln einen Stoff ausfindig zu machen, der sich gar nicht oder so wenig durch die Wärme ausdehnte, daß man den Einfluß dieser geringen Ausdehnung vernachlässigen könnte. Holz wird nach den Längenfasern nur wenig durch die Wärme ausgedehnt, und man kam daher auf den Gedanken, Pendel aus Holz zu verfertigen, Graham schlug zu diesem Zwecke das Ebenholz und Nußbaumholz vor. Das Holz aber ist wieder dem Einflusse der Feuchtigkeit sehr ausgesetzt, und diese bewirkt Verkürzung des Pendels, und man kann also mit hölzernen Pendeln ebenfalls in Irrthümer gerathen, auch in Bezug auf Veränderung der Ausdehnung durch Feuchtigkeit gar keine genaue Correctur anbringen. Durch Tränken in Oel und Ueberziehen mit Firniß läßt sich indeß der Einfluß der Feuchtigkeit sehr vermindern oder gänzlich aufheben. Nach von Browne gemachten Versuchen nimmt eine Stange von Theka-Baum-Holz*), wenn sie getrocknet und dann vergoldet ist, keine Feuchtigkeit mehr an. Viele Physiker aber sind gegen die hölzer-

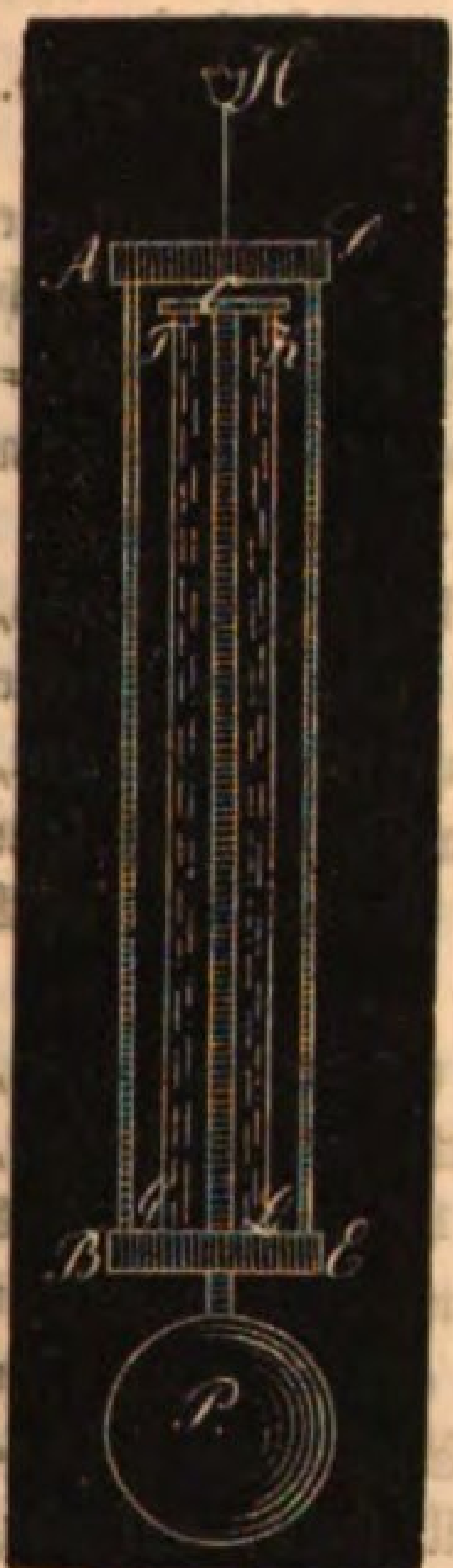
---

Secunden mehr, wenn das Pendel seine Länge ändert; und da unsere Uhren von der härtesten Winterkälte bis zur größten Sommerwärme einer Aenderung von mehr als 60° C. unterworfen sind, so ändert sich ein Pendel mit Stahlstange um etwa $\frac{7}{10000}$ der ganzen Länge, d. i. um reichlich $^1/_4$ Linie, und hierdurch wird die Anzahl der Schwingungen in einem Tage um 30 Schwingungen (bei Messing sogar um 45 Schwingungen) vermindert, wenn die Wärme um so viel zunimmt.

*) Ein hoher Baum in Ostindien.

nen Pendel, und es ist nur soviel gewiß, daß sie zu Uhren, bei denen es nicht auf mathematische Genauigkeit ankommt, schon darum die empfehlenswerthesten sind, weil sie wohlfeiler als genau gearbeitete Compensationspendel von Metall und jedenfalls besser sind, als einfache Metallpendel.

Eine andere Art, den Einfluß der Wärme unschädlich zu machen, d. h. die durch die Wirkungen der Ausdehnung gestörte Gleichheit der Pendelschwingungen (Isochronismus) wieder herzustellen, ist nun die Compensation. Hier sucht man den Fehler nicht zu vermeiden, sondern vielmehr einen neuen gleich großen Fehler einzuführen, welcher jenem entgegenwirkt und dadurch denselben aufhebt. Aus der obigen Betrachtung ergiebt sich nämlich sogleich eine Art der Compensation, die des Rostpendels, welchen Harrison erfunden hat. Schon Graham (1715) dachte daran, zwei Metalle verschiedener Ausdehnbarkeit durch die Wärme so zu verbinden, daß ihre beiderseitigen Ausdehnungen sich gegenseitig aufheben, doch schien ihm ein zu geringer Unterschied der Ausdehnung durch die Wärme bei den Metallen stattzufinden, als daß die Sache ausgeführt werden könnte.

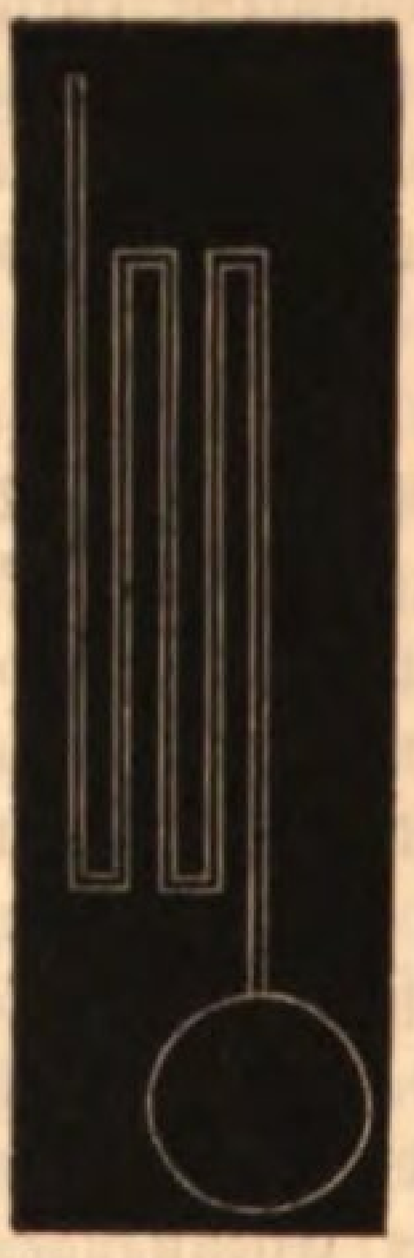


Das Rostpendel in seiner einfachsten Gestalt zeigt nachstehende Figur. Die Pendelstange HP, die Stangen AB und DE sind von Eisen, die Stangen FG und KL dagegen von Zink. Indem sich nun die Metalle gleichzeitig ausdehnen, so wird vermöge der Ausdehnung des Eisens P sinken, vermöge der Ausdehnung des Zinkes aber steigen, wie die Betrachtung der Figur lehrt. Da sich aber das Zink stärker ausdehnt, als das Eisen, so ist es möglich, ein solches Verhältniß der Eisen- und Zinkstangen zu wählen, daß, indem letztere kürzer sind, bei der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung P vermöge der Zinkstangen genau um ebenso viel steigt, als es vermöge der Eisenstangen sinkt, d. h. daß die Länge des ganzen Pendels durch die Wärme unverändert bleibt. Zink empfiehlt sich vorzüglich zur Compensation wegen seiner starken Ausdehnung durch die Wärme, und seitdem Smeaton 1754 diese entdeckt hat, bedient man sich daher vorzugsweise dieses Metalles in Verbindung mit Eisen zur Verfertigung von Rostpendeln. Sonst nahm man nach dem Erfinder Harrison Eisen und Messing. Die verhältnißmäßige Länge der Stangen von verschiedenen Metallen wird bestimmt durch die Formel:

$l = L.\frac{e}{z - e}$, wo l und L die Längen der Zink- und Eisenstange, e und z die eigenthümlichen Ausdehnungen des Eisens und Zinkes bezeichnen. Da nun (s. S. 984) das Verhältniß der Ausdehnung des Eisens und Zinkes = 3,5 : 9 gefunden worden, so ist hiernach jene Formel

$l = L \frac{3,5}{9 - 3,5} = \frac{7}{11} L$; ist also z. B. l = 39 Zoll (d. h. die Eisenstangen 39 Zoll lang), so müssen die Zinkstangen $l = \frac{7}{11} . 39$ Z. = 24,8 Z. sein. — Will man statt des Zinkes eines andern Metalles sich bedienen, so braucht

man in der Formel $l = L . \frac{e}{z - e}$ für z nur die diesem Metalle eigenthümliche Ausdehnung zu setzen, wie dieselbe in der Tafel im Art. Ausdehnung S. 576—579 verzeichnet ist. Z. B. wollte man ein Rostpendel aus Messing und Eisen anfertigen, so findet sich die Ausdehnung des Messings von 1° bis 100° C. = 0,00190, die des Eisens = 0,00117, demnach $l = L . \frac{0,00117}{0,00190 - 0,00117} = L \frac{117}{73}$ welches nahe = $^5/_3$ L. Hiernach müßte die Länge der Messingstange um $^2/_3$ die der Eisenstange übertreffen; man vertheilt daher, weil es nicht thunlich ist, die Messingstange länger als die Eisenstange zu machen, die $^5/_3$ auf zwei Systeme, wie nebenstehende Figur vorstellt, so daß man jeder der zwei aufsteigenden Messingstangen die Länge von $\frac{2^1/_2}{3}$ giebt.



Die angegebene Formel war $l = L \frac{e}{z - e}$, d. h. $lz - le = Le$, und dies giebt $lz = e (L + l)$ oder $\frac{z}{e} = \frac{L + l}{l}$, d. h. $L + l : l = z : e$ oder in Worten ausgesprochen: Die Summe der Länge der Stäbe beider Metalle verhält sich zur Länge der Stangen des compensirenden Metalles, wie die Ausdehnung des compensirenden Metalles zur Ausdehnung des andern Metalles.

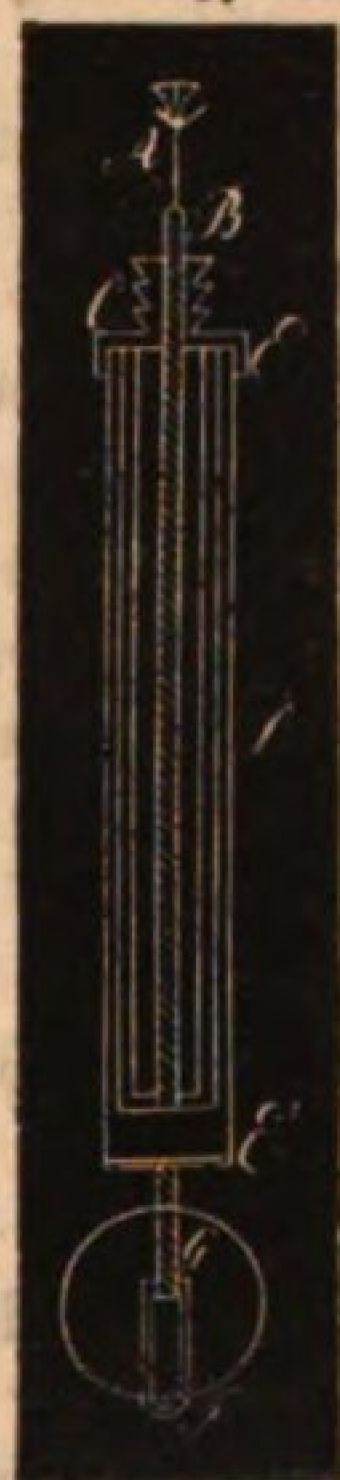
Von welchem Metalle die Stange AD, BE, FK (Fig. S. 985), darauf kommt wenig an, weil die Ausdehnung nach der Breite desselben, also nach der Länge des Pendels, von nur sehr geringem, und wenn die verticalen Stangen durch sie hindurch gehen, ohne allen Einfluß sein wird, ihre Längenausdehnung aber stets ohne Einfluß auf das Pendel ist, weil dieselbe für dieses eine horizontale Ausdehnung ist.

Statt des Zinkes zu Compensationspendeln hat Benzenberg vorgeschlagen, sich des Bleies zu bedienen; doch scheint das Zink zu diesem Zwecke vortheilhafter, weil es härter, leichter und von stärkerer Ausdehnung durch die Wärme, als das Blei ist. Die von John Smeaton sinnreich erdachte Zinkcompensation besteht in Folgendem. Die aus massivem Glase verfertigte Pendelstange erhält unten eine Stahlschraube und eine aufgeschraubte Nuß, auf der ein auf die Glasstange geschobener Hohlcylinder von Zink, ungefähr 1 Fuß lang und $^1/_8$ Zoll stark, aufruht, über welchen dann von oben herab eine hohle Röhre von Eisenblech gestürzt wird, deren oberer Rand so stark einwärts gebogen ist, daß sie auf dem Cylinder ruht. Der untere auswärts gebogene Rand trägt einen hohlen, etwas mehr als 1 Fuß langen Bleicylinder. Wegen Regulirung der Compensation erhält der Cylinder von Zink unten einen Boden mit einem Loch, in das ein Cylinder von Zink geschraubt wird, um diesen hinab- oder hinaufwärts zu schrauben, damit man dadurch die Compensation des Zinks vergrößern oder verkleinern kann. Zur bequemsten und sichersten Berechnung des Verhältnisses der einzelnen Theile dienet die Formel

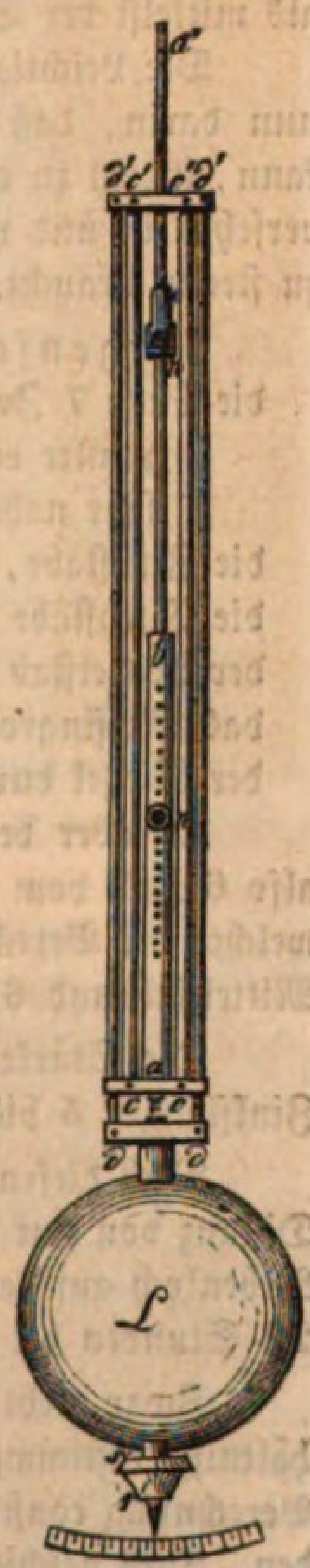
$$x = \frac{aL + a'(l + \lambda + \lambda') - a''b}{a'''},$$

wo x die gesuchte erforderliche Länge der Zinkröhre, a die lineare Ausdehnung des Glases, L die Länge der Glasstange, a′ die lineare Ausdehnung der, alle als gleich angenommenen, eisernen und stählernen Theile, l die Länge der Blechröhre, λ und λ′ die Längen der Feder und der eisernen Schraube bis an die aufgeschraubte Mutter, ferner a″ die lineare Ausdehnung des Bleis, b die halbe Länge des bei dieser Einrichtung nur mit seiner halben Länge compensirenden Bleicylinders, und endlich a‴ die lineare Ausdehnung des Zinks bezeichnet, so daß man hierbei die Größen L, λ, λ′, l und b als gegeben betrachtet. — Nach diesem gefundenen Werth von x nun kann die Compensation vorläufig eingerichtet werden, die sich dann durch die Stahlschraube an der Pendelstange, sowie durch den eingeschraubten Zinkcylinder, reguliren läßt.

I.



II.



Die Construction des Rostpendels kann mannichfach abgeändert werden. Eine sehr passende Einrichtung desselben giebt Herapath an; nach Horners Beschreibung ist das Pendel, wie gewöhnlich, an einem Stück einer Uhrfeder A (Fig. I.), von 3 engl. Zoll Länge, aufgehangen und an dieser die eiserne Pendelstange B, 27,92 Zoll lang, befestigt. Auf einer Scheibe an ihrem unteren Ende ruhet die Röhre von Zink C, gleichfalls 27,92 Z. lang, an deren oberes Ende eine Schraube zur Regulirung der Compensation geschnitten ist. Ueber diesen hohlen Cylinder von Zink wird die äußerste eiserne Röhre D geschoben, welche unten bei E′ in das eiserne Stück geschraubt ist, an dessen Stange die Linse bei G in ihrem Mittelpunkte festsitzt, und die Schraube am Ende einer Röhre F dient dazu, die Linse höher zu schrauben; oben bei E aber wird die eiserne Stange D durch eine Mutterschraube gehalten, welche sich auf der männlichen Schraube der Zinkstange zur Regulirung der Compensation auf- und niederschrauben läßt. Diese Art von Compensationspendel gehört unstreitig unter die vorzüglicheren, denn sie ist, da die Mittel zur Regulirung gegeben sind, leicht, und insofern man die Ausdehnung des Eisens und Zinks hinlänglich genau kennt, auch genügend sicher. Es bezeichne nämlich L + x die Länge der Eisenstange, x die Länge der Zinkröhre, so hat man zur Bestimmung von x die Gleichung: $x = \frac{aL}{a' - a}$, wo a die lineare Ausdehnung des Eisens, a′ die des Zinks bedeutet.

Nicht unterlassen können wir hier die Beschreibung eines vorzüglichen Compensationspendels *), welches, vom Uhrmacher Jürgensen in Kopenhagen verfertigt, insbesondere dadurch ausgezeichnet ist, daß es sich mit Leichtigkeit sehr genau reguliren läßt. Fig. II. zeigt das Pendel. a′a ist

*) Im Auszuge nach dem Werke: „Allgemeine Grundsätze der genauen Zeitmessung durch Uhren“ von L. U. Jürgensen. Uebersetzung. Leipzig 1840.

der mittlere Eisenstab, in a′ an der Feder befestigt, der ohne große Reibung durch das messingene Querstück d′d′ hindurchgeht, aber nicht ganz bis zum Punkt a reicht, sondern bei b von einem Messingrohre ba aufgenommen und von dem Nagel n gehalten wird, so daß der Eisenstab vermittelst dieses Messingrohres das Querstück cc trägt. Von c und c aus aufwärts gehn die (zur Vermeidung der Biegung dickeren) Zinkstangen, auf welchen in c′ und c′ das Querstück d′d′ ruht, an dem in d′ und d′ die beiden äußeren Eisenstangen befestigt sind, welche das Querstück cc mit wenig Reibung durchdringend in d und d das untere Querstück und vermittelst desselben die Linse L tragen. Letztere stützt sich mit ihrem unteren Rande auf die am Riegel rr′ befindliche Schraube s. An der mittleren Eisenstange a′a befindet sich ein kleines Laufgewicht p, welches jedoch nicht zur Compensation, sondern dazu dient, die Uhr näher nach mittlerer oder Sternzeit reguliren zu können, als mittelst der Schraube.

Die Leichtigkeit der Regulirung bei dieser Einrichtung des Pendels besteht nun darin, daß man den mittleren Eisenstab beliebig verlängern und verkürzen kann, indem zu diesem Behufe das Messingrohr ab mit einer Reihe von Löchern versehen ist und man daher den Nagel nur in ein tiefer oder höher liegendes Loch zu stecken braucht.

Jürgensen giebt folgende Dimensionen eines solchen Pendels an:

die Linse 7 Zoll Durchmesser, wovon bis zum Schwingungsmittelpunkte von der Schraube an gerechnet an der Compensation sehr nahe Theil haben	5 Zoll	3 Lin.
die Zinkstäbe, jeder	24 „	— „
die Eisenstäbe d′d	24 „	9 „
der Mittelstab mit der Aufhängungsfeder	35 „	— „
das Messingrohr	12 „	— „
der Riegel durch die Linse	7 „	6 „

Da aber der mittlere Eisenstab ungefähr in der Mitte des Messingrohres, also 6 Zoll vom Querstück cc entfernt, befestigt ist, so werden von den Längen, welcher der Berechnung der Compensation zur Basis dienen, nur 29 Zoll für den Mittelstab und 6 Zoll für das Messingrohr (zusammen 35 Zoll) anzunehmen sein.

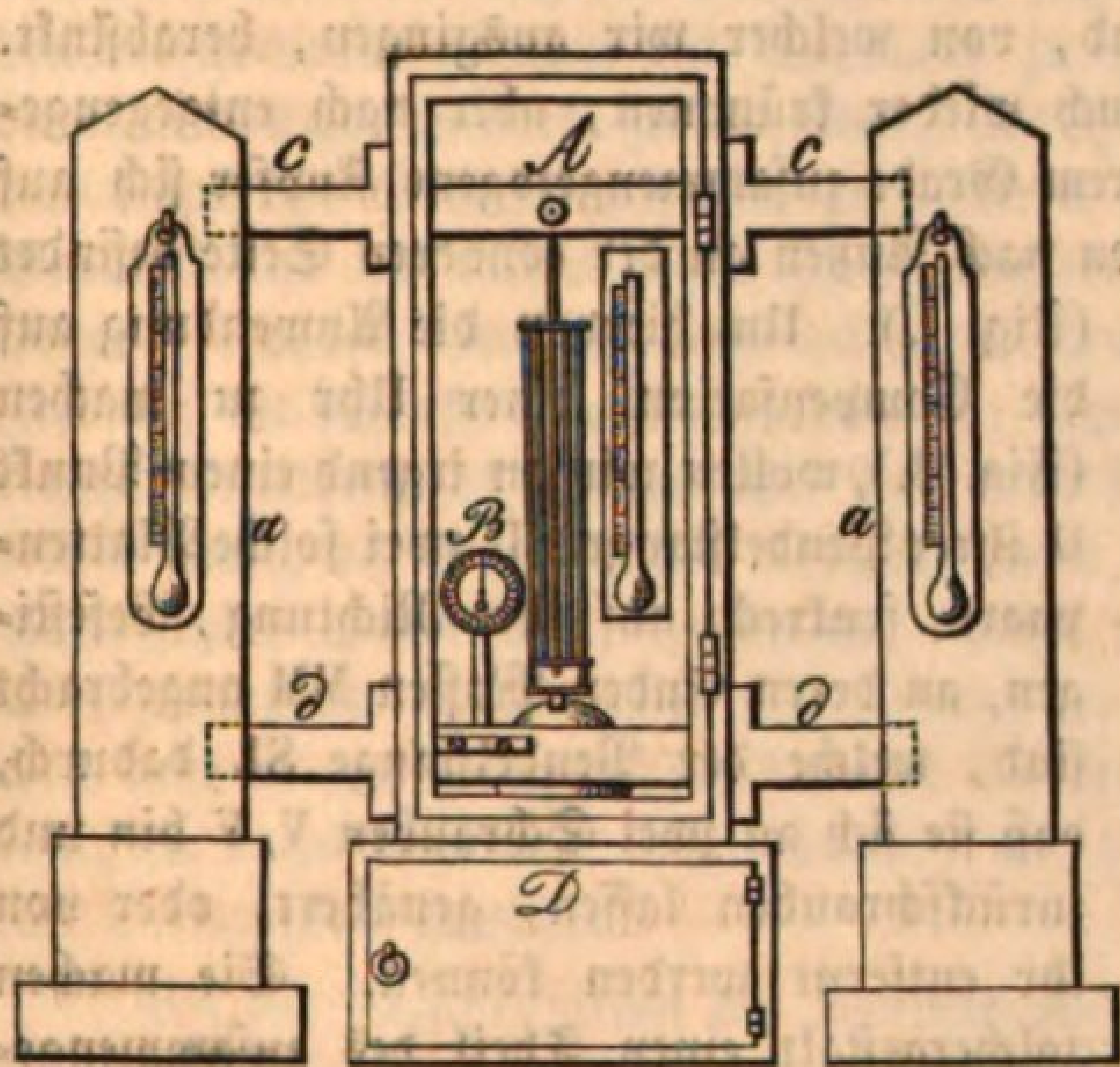
Die Stärke der Eisenstangen kann im Durchmesser etwa 3 Linien, die der Zinkstangen 5 bis $5^1/_2$ Linien betragen.

Nach diesen Dimensionen würde, wenn die Löcher auf dem Messingrohre die Distanz von nur 0,1 Zoll von einander hätten, die Fortrückung des Nagels in ein Nebenloch auf den Gang der Uhr einen Einfluß von nur 0,04 Secunden binnen 24 Stunden bei 40° Temperaturdifferenz hervorbringen.

Zwar giebt die Rechnung die zu einer genauen Compensation nöthigen Verhältnisse bestimmt an, allein sie ist doch nicht ganz sicher, und es muß ein nach der Berechnung construirtes Pendel noch einer sorgfältigen Prüfung unterworfen werden. Dies geschieht vermittelst eines Pyrometers, welches, zu diesem Zwecke eigens eingerichtet, hier noch kurz beschrieben werden mag.

Die nachfolgende Fig. I. S. 989 stellt das Pyrometer dar; aa sind zwei steinerne Stützen, die von den Holzfüßen bb getragen werden; cc und dd sind zwei eiserne Riegel, welche den hölzernen Pyrometerkasten durchdringen, und von denen der obere in A das Pendel trägt. An dem unteren Riegel befindet sich ein Ziffer-

I.

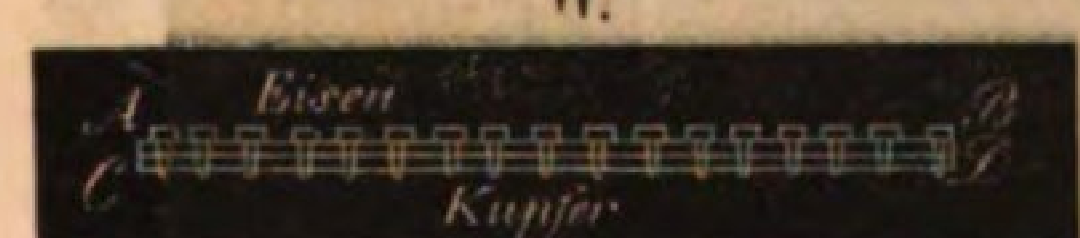


blatt B, dessen Zeiger durch Hebel mit dem Schwingungspunkte in der Linse des Pendels in Verbindung gesetzt wird, indem man im Schwingungspunkte einen Stift anbringt, welcher auf den Hebelarm wirkt. Hierbei ist klar, daß die Mittelpunkte der Eisenriegel möglichst genau so weit von einander abstehen müssen, als das Pendel vom Aufhängungs- bis Schwingungspunkte lang ist. Der untere Kasten D ist mit Eisenblech ausgeschlagen, und dient zur Erwärmung des Pyrometers, indem die zwischen A und D befindliche Wand mit Löchern versehen ist, durch welche die in D vermittelst heißer Kugeln erwärmte Luft hindurch dringt. Beim Gebrauche muß man mit der Beobachtung immer einige Zeit warten, bis man versichert sein kann, daß die Wärme im Behälter A sich gleichmäßig verbreitet hat. An den 4 Oeffnungen, in welchen die Riegel cc und dd den Behälter A durchdringen, ist es zweckmäßig, zur Abhaltung aller äußeren Luft Holzplatten anzubringen, die genau an die Riegel anschließen und nach innen zu mit Tuch beschlagen sind.

Soll nun die Compensation des Pendels richtig sein, so muß für alle verschiedenen Temperaturen, welche das Thermometer in A zeigt, der Zeiger des Zifferblattes B dieselbe Stellung beibehalten; wendet er sich aber, so ist dies ein Zeichen, daß die Länge des Pendels vom Aufhängungs- bis zum Schwingungspunkte sich ändert, und man muß die Compensation durch Verrückung des Nagels im Messingrohre corrigiren.

Wesentlich von den vorerwähnten Compensationsarten verschieden ist die sehr sinnreiche und ungemein einfache, jedoch leicht dieselbe Genauigkeit gewährende Compensation, welche Biot beschreibt. Man denke sich zwei schmale Metallplat- AB, CD, Fig. II. von gleicher Länge, eine aus Eisen, die andere aus Kupfer, übereinandergelegt und unwandelbar aneinander mittelst einer großen Menge kleiner Schrauben befestigt, die durch beide Platten in ebenso viel Punkten ihrer Länge hindurch gehen. Wurde dies bei einer Temperatur z. B. von zehn Grad vorgenommen, und war die Verbindung beider Platten bei derselben geradlinig, so wird bei Veränderung der Temperatur diese geradlinige Richtung aufhören müssen. Steigt die Temperatur, so werden sich beide Platten ausdehnen und zwar auf ungleiche Weise, die Kupferplatte mehr als die Eisenplatte; wo dann das System der vereinigten Platten die krumme Gestalt, welche Fig. III. darstellt, annehmen wird, so daß die Eisenplatte an der concaven, die Kupferplatte an der convexen Seite liegt, um solchergestalt durch Zunahme ihres Umfangs das Zuviel

II.



III.

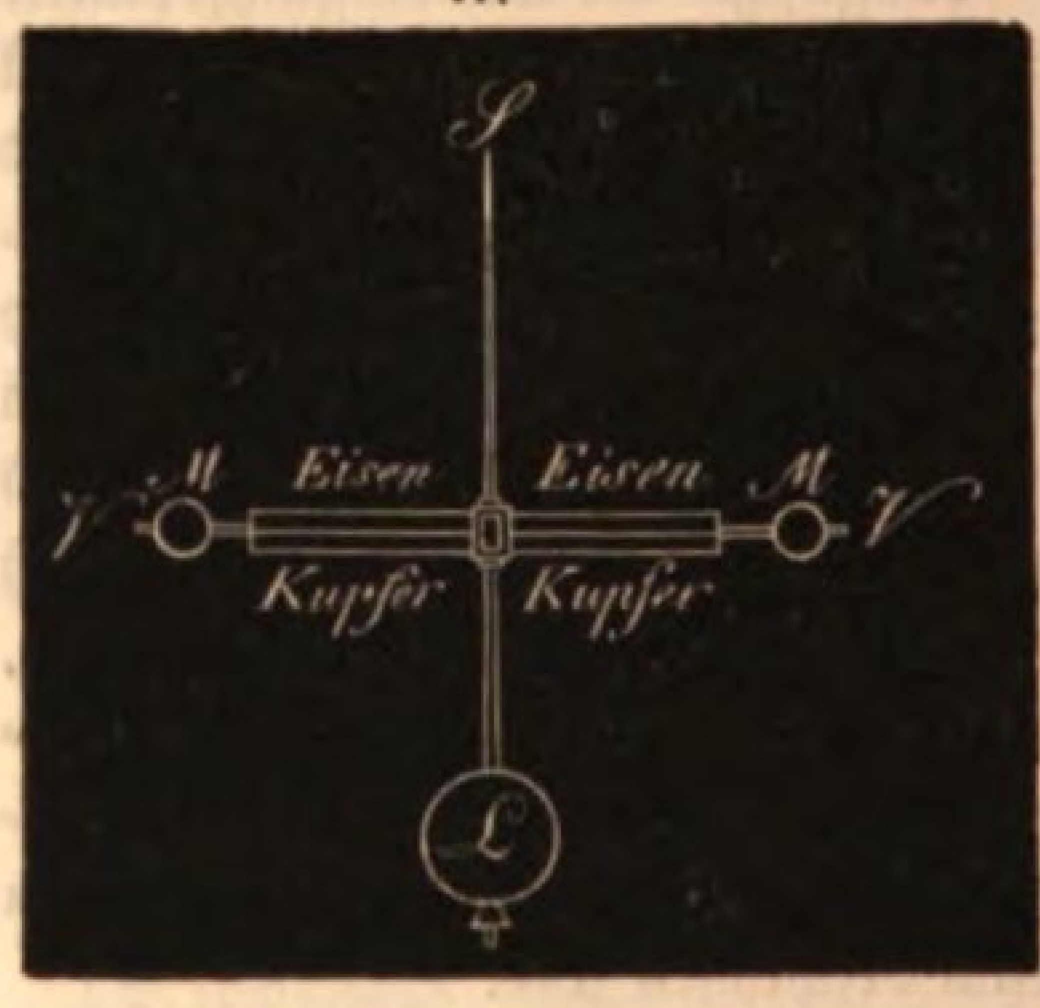


ihrer Ausdehnung auszugleichen. Das Gegentheil wird eintreten, wenn die Temperatur unter die Grenze von 10 Grad, von welcher wir ausgingen, herabsinkt. Die verbundenen Stücke werden sich auch wieder krümmen, aber nach entgegengesetzter Richtung, so daß das in stärkerem Grade zusammengezogene Kupfer sich auf der Innenseite der Concavität, das Eisen nach Außen an der convexen Seite befindet

I.

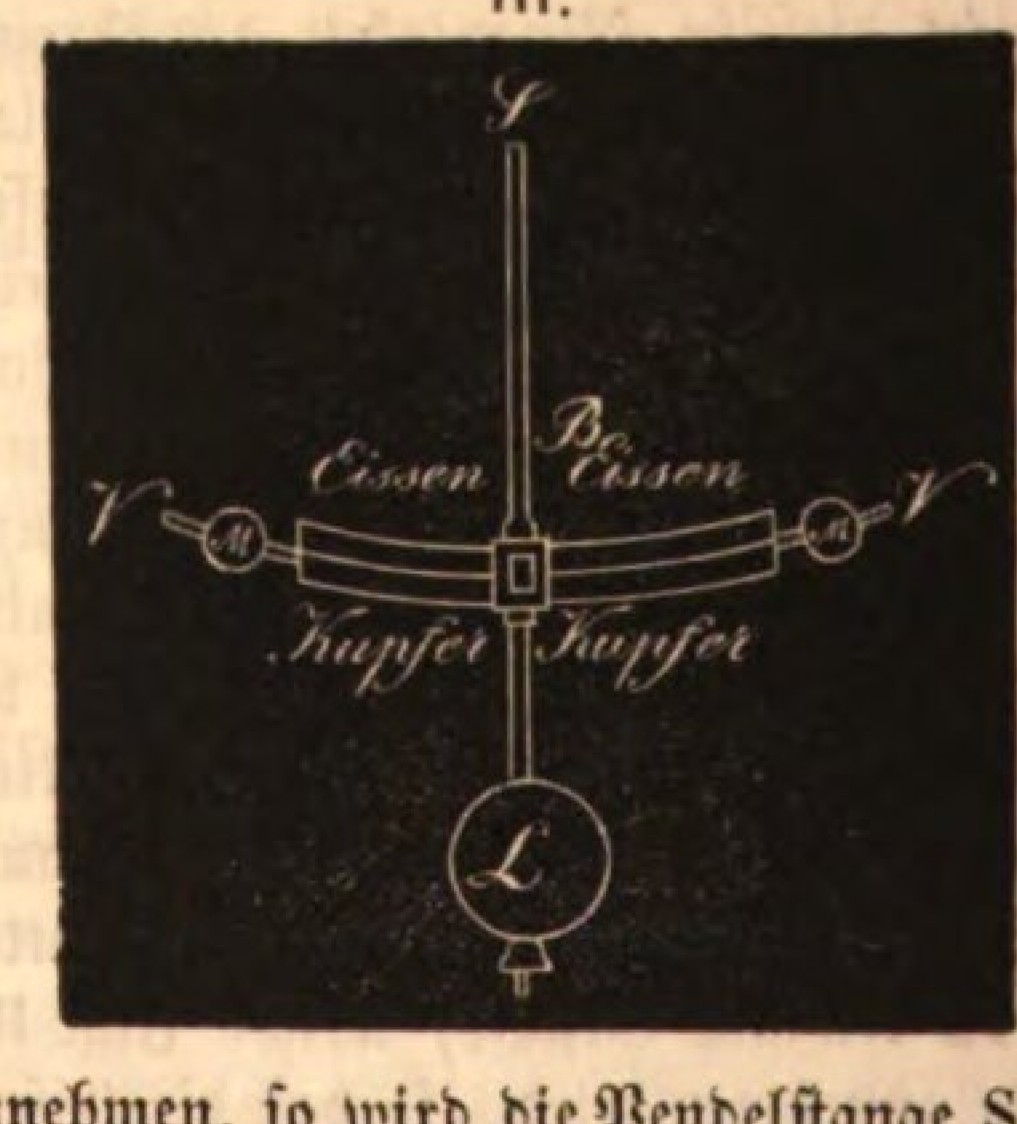


II.

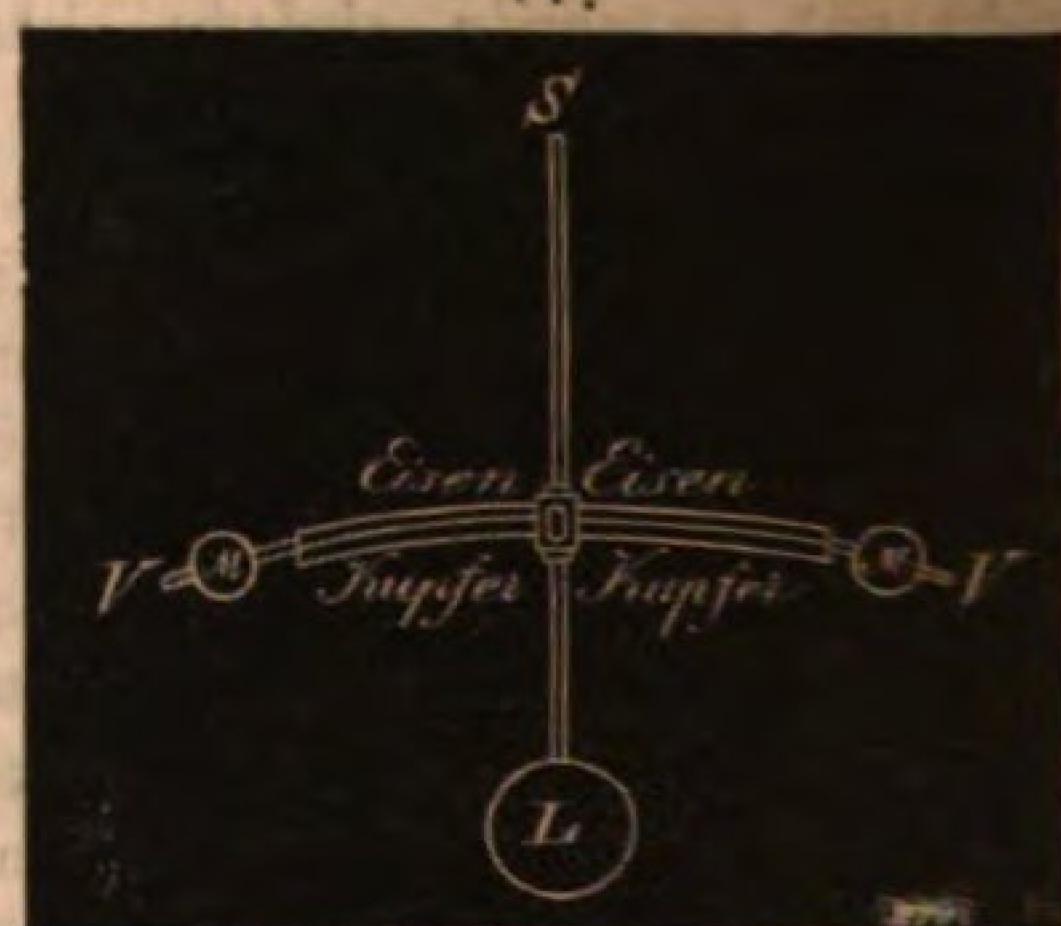


(Fig. I.). Um hiervon die Anwendung auf die Compensation einer Uhr zu machen (Fig. II.), wollen wir an irgend einem Punkt O ihrer Pendelstange SL zwei solche Plattenpaare, senkrecht auf ihre Richtung, befestigen, an deren Enden Massen MM angebracht sind, welche der Pendelstange SL dadurch, daß sie sich an zwei Schrauben V, V hin und zurückschrauben lassen, genähert, oder von ihr entfernt werden können. Sie machen solchergestalt einen Theil des zusammengesetzten Pendels aus, welches die Uhr in Gang setzt. Gesetzt nun, beide Platten wären bei einer gewissen Temperatur, z. B. von 10 Gr., geradlinig, so müssen sie sich bei Veränderung der Temperatur krümmen, und werden dabei von selbst die Massen in die Höhe oder herabrücken. Bei Zunahme der Temperatur wird die Stange SL sich verlängern, und der Punkt L, sowie der Pendel 0 tiefer herabtreten; zugleich aber werden sich die beiden Plattenpaare krümmen, und zwar im Fall die Eisenplatten zu oberst liegen, so daß die beiden Massen M, M aufwärts gerückt werden (Fig. III.), was eine Gegenwirkung gegen die Wirkung giebt, welche die Ausdehnung der Pendelstange auf den Apparat zu äußern strebt. Sinkt dagegen die Temperatur unter den Grad, den wir zuerst für den Apparat stattfindend

III.



IV.



annehmen, so wird die Pendelstange SL sich zusammenziehen, und die Linse L sowie den Punkt O dadurch weiter herauf rücken da sich aber zugleich die Platten, wie Fig. IV. zeigt, krümmen, so werden dadurch die Massen M, M einen tiefern Standpunkt erhalten, und beide Erfolge einander wiederum entgegenwirken. Nach der

bekannten Ausdehnung der Metalle läßt sich berechnen, welche Dimensionen man den verschiedenen Theilen des Apparats zu geben hat, um die Compensation in beinahe völliger Schärfe zu erhalten; und hierzu gelangt man noch, indem man den Gang des Pendels mit dem der Sterne vergleicht, und die Massen M, M der Pendelstange LS nähert oder davon entfernt, bis die Temperaturveränderungen keinen störenden Einfluß mehr auf ihre Bewegungen äußern. Um dies in kurzer Zeit auf die sicherste Weise zu erproben, setzt man die Uhr in einen Trockenofen, erhitzt denselben auf kunstgerechte Art, und stellt die Massen so, daß die Uhr denselben Gang bei diesen hohen Temperaturen, wie bei dem Wärmegrade, den die Atmosphäre gerade hat, annimmt. Dies ist auch die Verfahrungsart, mittelst welcher man die vollkommene Regulirung der andern Compensatoren erlangt. Der eben beschriebene Compensator hat den Vortheil, fast ohne Kosten an allen Pendeluhren angebracht werden zu können; und die Erfahrung hat gelehrt, daß er sehr viel Genauigkeit gewährt.

Bei der Compensation des Pendels durch Quecksilber, die zuerst Graham *) 1721 versucht hatte, beabsichtigt man, für alle Wärmegrade einen gleichen Abstand des Schwingungspunktes des Pendels vom Aufhängepunkte herzustellen. Man kann daher ein ganz aus Eisen bestehendes Pendel, welches in seinem unteren Theile Quecksilber enthält, machen; die erforderliche Menge des Quecksilbers läßt sich leicht bestimmen. Gewöhnlich macht man die Quecksilberpendel so, daß sich die eiserne Stange in einen Steigbügel, wie nebenstehende Figur zeigt, endet, in dem ein gläsernes Gefäß mit dem Quecksilber steht. — Der Schwingungspunkt fällt auf den Mittelpunkt der Axe des Quecksilbercylinders. Gesetzt nun, die Entfernung des Aufhängepunktes vom Schwingungspunkte soll 36,7 Par. Zoll betragen, also in nebenstehender Figur AC = 36,7 Par. Zoll. BC ist die halbe Höhe des Quecksilbercylinders, AB die Länge des ganzen eisernen Instrumentes. So dehnt sich AB aus um eAB und CB um qCB, wenn e und q die verhältnißmäßigen Ausdehnungen des Eisens und Quecksilbers bedeuten. Sollen nun diese Ausdehnungen sich gegenseitig aufheben, so muß $eAB = qCB$ sein; AB ist $= 36{,}7 + CB$, also haben wir die Gleichung $e\,(36{,}7 + CB) = qCB$; folglich ist



$$CB = \frac{e \,.\, 36{,}7}{q - e}.$$

Die Ausdehnung des Eisens ist aber zwischen den Grenzen 0^0 und 100^0 C. = 0,00117 (s. d. Art. Ausdehnung), und die Ausdehnung des Quecksilbers zwischen 0^0 und 100^0 C. = 0,01801, oder (nach Horner) = 0,01750, wenn man Rücksicht nimmt auf die Ausdehnung des Glases, in dem sich das Quecksilber befindet; denn wenn das Glas durch die Wärme weiter wird, so wird verhältnißmäßig bei der Ausdehnung des Quecksilbers der Punkt C weniger steigen. So verhält sich $e : q = 117 : 1750$; und $CB = \frac{117 \,.\, 36{,}7}{1750 - 117} = 2{,}62$. Die ganze Höhe des Quecksilbercylinders mußte also sein = 5,24 Par. Zoll.

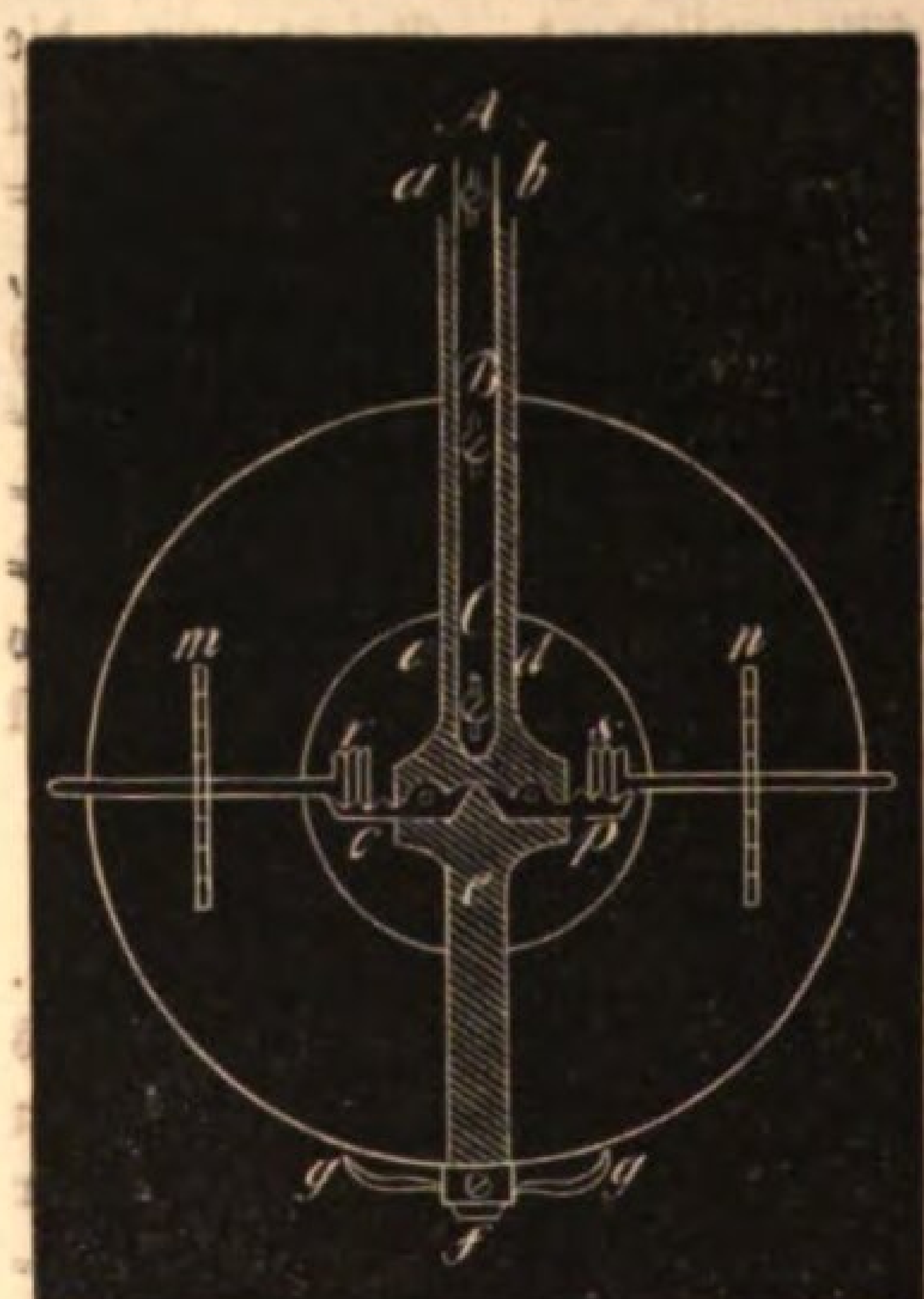
*) Philosoph. Trans. Jan. and Febr. 1726.

Man kann auch das ganze Pendel aus Glas verfertigen, welches besonders **Kater** empfiehlt. An das obere Ende der gläsernen Pendelstange wird dann mittelst Schrauben eine messingene Fassung und an diese die tragende Uhrfeder mit Stiften befestigt. Um die Höhe 2 x des Quecksilber-Cylinders zu berechnen, so sei L die Länge der Glasstange und Uhrfeder bis zum Mittelpunkte der Schwingungen, ferner a die lineare und K die cubische Ausdehnung des Glases, a' endlich die Ausdehnung des Volumens des Quecksilbers; so ist

$$2\,x = \frac{2\,a\,L}{a'\,(1 - K) - a}.$$

Der jetzt lebende berühmte Uhrmacher **Dent** in London tadelt mit Recht die Glasgefäße der Quecksilberpendel, da sie zerbrechlich sind und folglich sich nicht wohl mit Quecksilber gefüllt an einen andern Ort bringen lassen. **Dent** nimmt dafür gußeiserne, im Innern vollkommen cylinderförmig hergestellte Gefäße, in denen das Quecksilber ausgekocht und alsdann verschlossen ohne alle Gefahr versendet werden kann. **Dent** steckt überdieß die Pendelstange durch den verschließenden Deckel bis in das Quecksilber hinab, wodurch die Stange und das Quecksilber stets einerlei Temperatur annehmen. Freilich muß man sehr darauf sehen, daß das Quecksilber gegen Feuchtigkeit geschützt sei, weil sonst das Eisen wegen des galvanischen Einflusses leicht rosten würde.

Um die Wirkung der Ausdehnung der Compensation zu vergrößern, hat man **Compensationspendel mit Hebelwerk** angewandt. Die von **Ellicot** angegebene Construction beschreibt **Horner**, wie folgt. abcdef ist ein breiter, nicht allzu dicker Streif aus Eisen oder Stahl; unten in der Oeffnung der Linse ist er noch etwas breiter, so daß auf dieser Fläche die Mittelpunkte der Hebel o und p befestigt werden können. Diese Hebel treten dann gegen die Mitte zusammen, und auf sie drückt das untere Ende der steifen Messingstange ABC, welche auf dem Eisenstabe ab durch Schraubenköpfe so angehalten wird, daß sie zwar der Länge nach sich bewegen, aber nicht ausbiegen kann. Diese Linse selbst ruht auf dem längern Arme jener beiden Hebel vermittelst der Köpfe r und s, welche durch die Drehung der eingetheilten, in die messingene Linse eingepaßten Scheiben m und n dem Mittelpunkte der Hebel genähert oder von demselben entfernt werden können, so daß man die Compensation nach Belieben reguliren kann. An den Köpfen r und s ist ein feiner Schraubengang angedreht, der sich ebenfalls auf den Hebeln o und p eingeschnitten findet.



Sowie sich nun die Messingstange ABC mehr ausdehnt, als der eiserne Pendelstab abcde, so wird sie durch den Druck auf die Hebel o und p die Linse in gehörigem Maße heben und so die Compensirung bewirken. Um die Mittelpunkte der Hebel von allzu schwerem Drucke zu befreien, ist unten bei f die Feder gg aufgeschraubt,

welche den größten Theil der Linse trägt. Die Regulirung des mittlern Ganges muß entweder durch ein Laufgewicht längs der Pendelstange, oder oberhalb durch Versetzung der Klammer, welche die Feder, an der das Pendel hängt, umschließt und seinen obern Endpunkt bestimmt, bewirkt werden.

Bei einer andern Construction ist das Hebelwerk außerhalb der Linse angebracht; sie ist aber schon darum weniger zu empfehlen, weil sie ein breites Gehäuse erfordert, und die Messingstangen schwerer vor dem Einbiegen geschützt werden können.

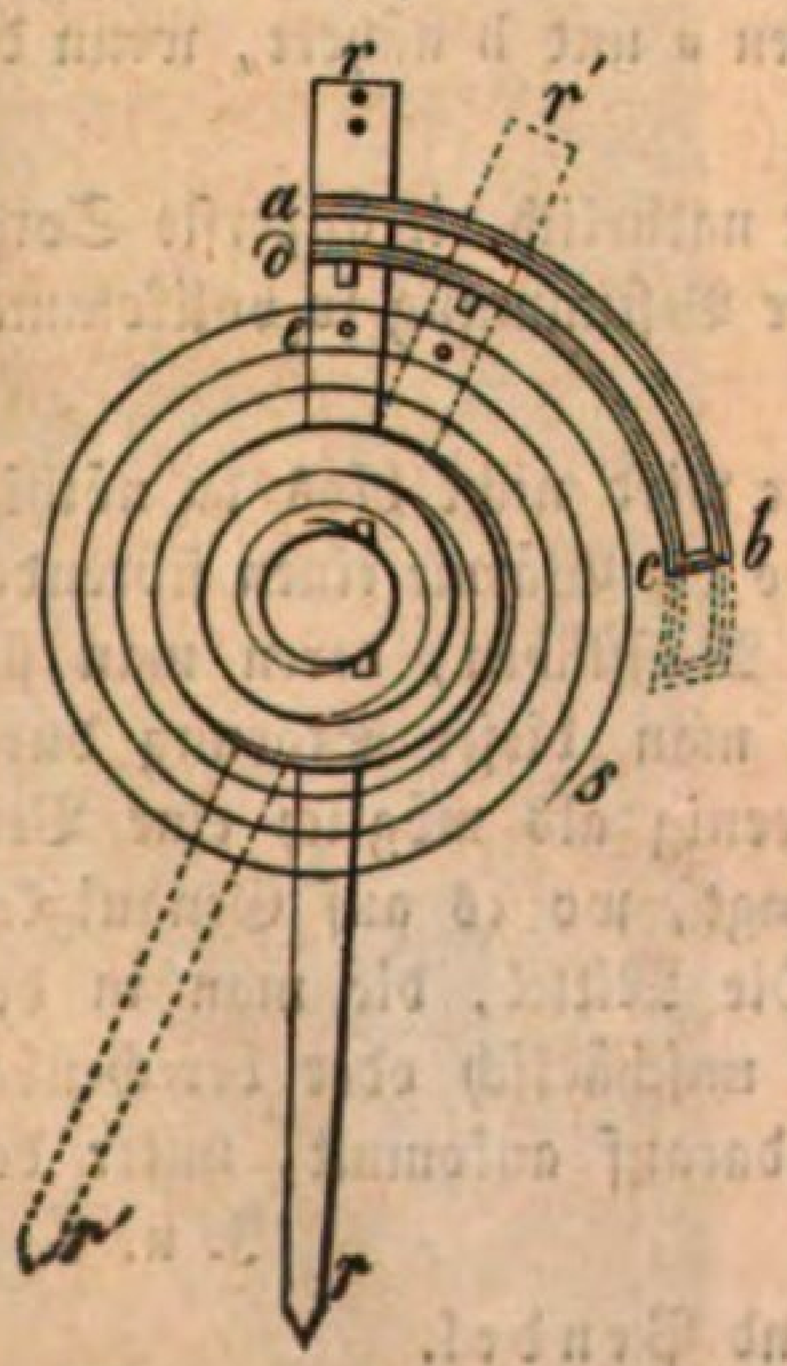
I.



Man kann eine Compensation bei Pendeln auch dadurch bewirken, daß man eine Vorrichtung anbringt, vermöge welcher der Biegungspunkt der dünnen Stahlfeder, an der das Pendel aufgehängt ist, nach Maßgabe der Temperaturveränderung verrückt wird. Gewöhnlich wird das Stück D (Figur I.), welches die Stahlfeder einklemmt, am hinteren Boden des Uhrwerks befestigt; will man aber mit demselben eine Correctur bewirken, so wird eine Metallstange DE bei E in die Wand befestigt und bei D mit einem um F beweglichen Hebel in Verbindung gesetzt, der mit seinem andern Ende C die Feder einklemmt; sowie sich nun die Metallstange ausdehnt, wird nach dieser Einrichtung der Punkt C verschoben. Da aber bei dieser Vorrichtung die Veränderung der Wand, in welcher die Stange eingeschlagen ist, von Einfluß ist, diese aber auf keine Weise zu berechnen ist, so kann man auf diese Art eine genaue Compensation überhaupt nicht erlangen.

Was endlich die Compensation an der sogenannten Unruhe (welche die Stelle des Pendels vertritt) in den Federuhren (Chronometern) betrifft, so zerfällt dieselbe in 2 Arten, nämlich in die einfache Compensation an der Spiralfeder und in die Compensation an der Unruhe selbst. 1) Die Compensation an der Spiralfeder beruht auf folgender Einrichtung. In Fig. II. ist die Spiralfeder einer

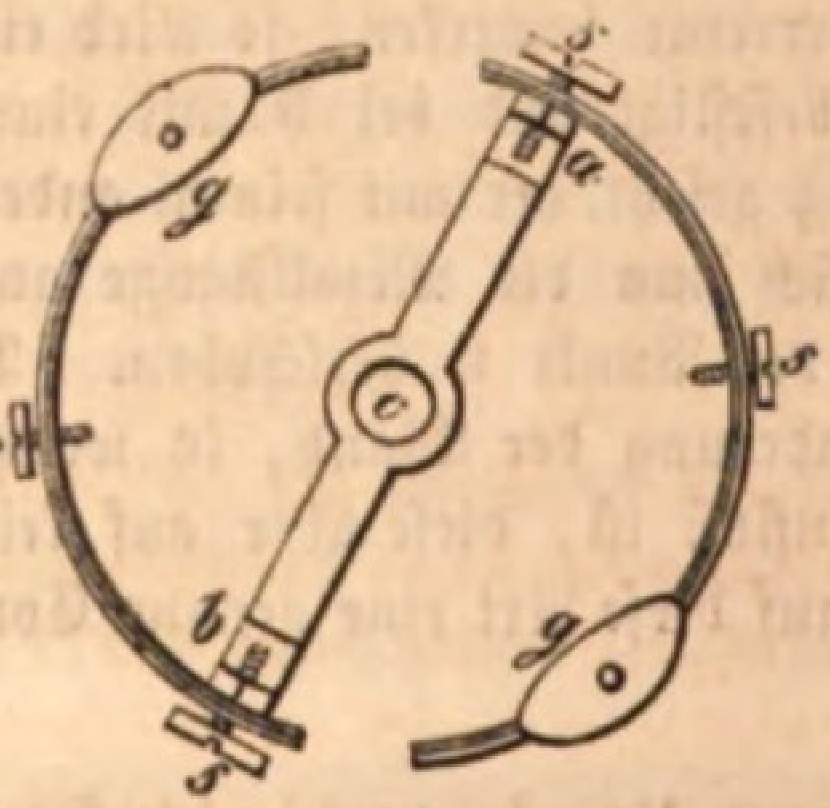
II.



Uhr dargestellt, und das sogenannte Rackett, welches dazu dient, den Gang der Uhr zu verzögern oder zu beschleunigen, indem auf demselben bei d und e Stifte angebracht sind, die den Schwingungen der Spirale keinen ganz freien Spielraum gestatten und dadurch den anfänglichen Theil der Spirale (nämlich vom Befestigungspunkte s an bis zu den Stiften) zum Theil in Unthätigkeit versetzen. Dreht man aber das Rackett nach s zu, so daß es etwa die Lage r'r' hat, so wird dadurch der thätige Theil der Spirale verlängert, und somit werden die Schwingungen langsamer; das Umgekehrte findet bei der entgegengesetzten Drehung statt. Da nun sowohl die Spiralfeder als die Unruhe selbst durch Wärme ausgedehnt, und folglich ihre Schwingungen verzögert werden, so müßte man, um den Gang der Uhr richtig zu erhalten, bei jedem Temperaturwechsel am Rackett drehn. Diesem Uebelstande begegnet man

nun ganz einfach dadurch, daß man den Stift d nicht auf dem Rackett befestigt, sondern an dem Metallstreifen deba, welcher in a am Rackett fest, bei d aber frei ist. Dieser Metallstreifen ist (wie bei der oben nach Biot beschriebenen Compensation) innen gewöhnlich von Messing, nach außen von Stahl, so daß durch den Einfluß der Wärme, weil Messing sich stärker als Stahl ausdehnt, der metallene Bügel sich öffnet und seinen Stift d dem Stifte e näher bringt. Dadurch wird nothwendig der Spielraum der Spirale zwischen d und e verkleinert, und ihre Schwingungen, die durch Wärme verzögert wurden, müssen wieder schneller werden, da sie nicht mehr so groß sein können. Bei der Kälte hat man natürlich die entgegengesetzten Wirkungen.

Diese Art Compensation ist nun zwar sehr bequem herzustellen, gewährt jedoch nicht die Genauigkeit, die bei vorzüglichen Chronometern erforderlich ist, für welche man die Compensation an der Unruhe selbst vorzieht. Nebenstehende Figur zeigt eine Unruhe mit Compensation, wie sie am gebräuchlichsten eingerichtet ist.



aa' und bb' sind metallene Doppelringe, innen gewöhnlich von Stahl, außen von Messing. Diese Ringe sind nur an einem Ende (a und b) an den Unruharmen (ca und cb) befestigt, und tragen kleine Gewichte g und g, von specifisch schwerem Metalle, die sich an den Ringen verschieben lassen. Wirkt nun die Wärme ausdehnend auf die Unruhe (und ihre Spirale), so müssen sich nothwendig die Ringe einwärts biegen, weil das sich stärker dehnende Metall den äußerlichen Ring bildet. Dadurch werden aber die Gewichte gg dem Centrum c näher gebracht, mithin auch der Schwingungspunkt, so daß die Schwingungen an Schnelligkeit wieder das gewinnen, was durch Ausdehnung der Unruharme und der Spiralfeder verloren ging. Die 4 Schrauben s dienen zur Regulirung der Oscillationsgeschwindigkeit, während ein Fehler in der Compensation durch Verschiebung der Gewichte g corrigirt wird, indem man dieselben den festen Enden a und b nähert, wenn die Compensation zu stark ist, und so umgekehrt.

Die Construction einer solchen Unruhe erfordert natürlich die äußerste Sorgfalt, allein es entspricht auch die Unruhe alsdann ihrer Bestimmung so vollkommen als möglich.

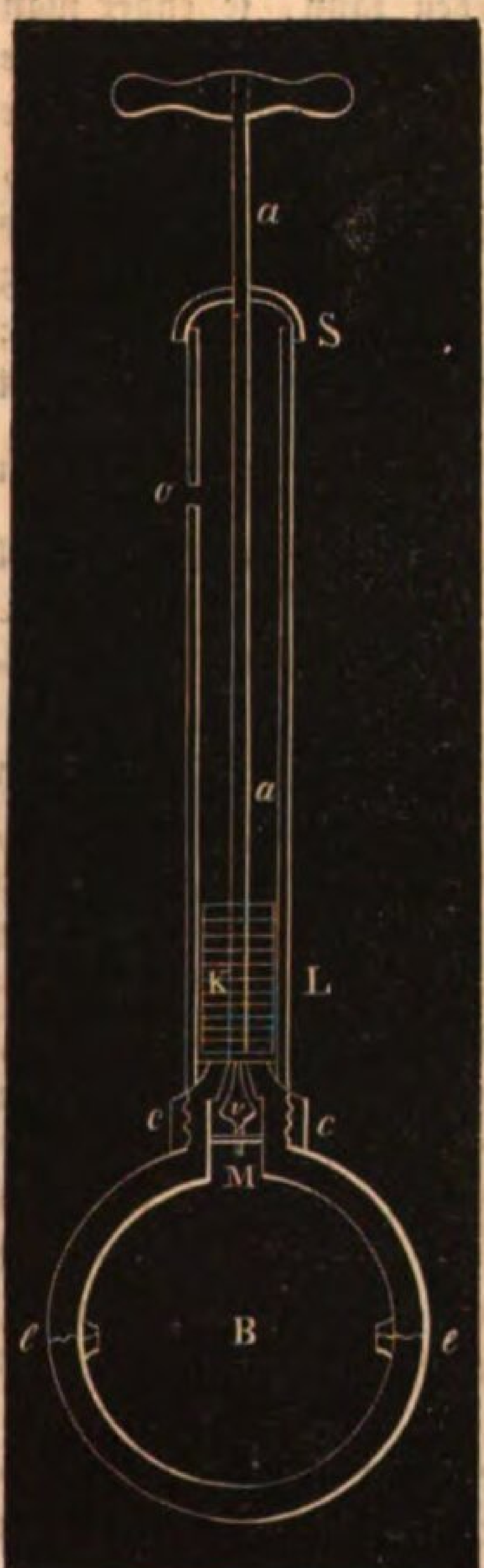
Compensation der Ausdehnung durch die Wärme wird nicht blos da nöthig, wo es auf Zeitmessung ankommt, sondern überall, wo die Wärme einen störenden Einfluß haben kann, namentlich bei allen Arten von Maßstäben, deren man sich in den verschiedensten Fällen bedient. Meist sucht man dieser Störung durch Wahl eines Materials zuvorzukommen, welches so wenig als möglich eine Veränderung durch die Wärme erleidet, oder man bringt, wo es auf Genauigkeit ankommt, den Einfluß der Wärme in Rechnung. Die Mittel, die man in den einzelnen Fällen anwendet, den Einfluß der Wärme unschädlich oder berechenbar zu machen, werden bei den einzelnen Fällen, wo es darauf ankommt, unter den betreffenden Artikeln erwähnt. J. u. L.

Compensationspendel, s. Compensation und Pendel.

Compressibilität, s. Zusammendrückbarkeit.

Compressionsmaschinen (v. d. lat. comprimere, zusammendrücken) oder Condensationsmaschinen (v. d. lat. condensare, verdichten), auch Compressionspumpe, Condensationspumpe (lat. machina condensatoria; franz. machine de compression, de condensation; engl. condensing engine) bezeichnet eigentlich jede Maschine, welche dazu dient, einen Körper zusammenzudrücken und dadurch zu verdichten. Gewöhnlich aber versteht man darunter den Luftpumpen ähnliche, aber im entgegengesetzten Sinne wirkende, d. h. die Luft verdichtende Instrumente. Sie sind besonders wichtig geworden, seit man entdeckt hat, daß gasförmige Flüssigkeiten durch Zusammendrückung in tropfbar flüssige verwandelt werden können. So hat man durch Zusammendrückung viele, vorher nur in Gasform bekannte, Körper als tropfbare Flüssigkeiten dargestellt. Auch die tropfbar flüssigen Körper erleiden gewisse Veränderungen, wenn sie einem starken Drucke ausgesetzt werden.

Man kann im Allgemeinen jede Hahnluftpumpe zur Zusammendrückung der Luft benutzen, würde aber bei starken Zusammendrückungen der Luftpumpe selbst leicht Schaden thun. Die Compressionsmaschinen haben aber alle eine der Luftpumpe ähnliche Vorrichtung, nur daß der Kolben Luft in einen Behälter hineinstößt, wo er bei der Luftpumpe Luft herauszieht. Die zusammengedrückte Luft ist das bei der Windbüchse wirkende Princip, daher jede Windbüchse mit einer Compressionsmaschine versehen sein muß. Nebenstehende Figur stellt eine solche Compressionsmaschine vor. Die Bestandtheile derselben sind 1) der Behälter B, gewöhnlich eine Kugel, in welcher die Luft zusammengedrückt werden soll, und der daher hinlängliche Festigkeit haben muß. Man arbeitet ihn aus Eisen oder getriebenem Kupfer ursprünglich aus zwei Stücken, die bei e, e zusammengeschroben und dann hart gelöthet sind. Man giebt dem Kupfer eine Dicke von etwa 0,5 Zoll Par. Lin., bei e und e aber von etwa 1 Z. Diese Kugel hat ein Mundstück bei M, welches mit einer männlichen Schraube versehen ist. Die Oeffnung ist mit einem Kegelventil v geschlossen, welches durch eine Feder in die entsprechend kegelförmig gemachte Oeffnung gedrückt wird. Enthält der Behälter B erst verdichtete Luft, so drückt diese selbst das Ventil v fest in die Mündung. Das Ventil muß übrigens genau eingeschliffen sein, wird wohl auch noch mit einer feinen Lederkappe überzogen, damit es ja nichts von der in B befindlichen Luft heraus läßt. 2) Der Stiefel SL, gleichfalls von Eisen, hat an seinem untern Ende eine weibliche Schraube, in welche die männliche Schraube des Behälters gedreht wird; die Schraube muß von bedeutender Stärke sein und genau schließen. Im Stiefel bewegt sich der Kolben, und wenn dieser in die Höhe gezogen ist, so muß er gerade über die Oeffnung o im

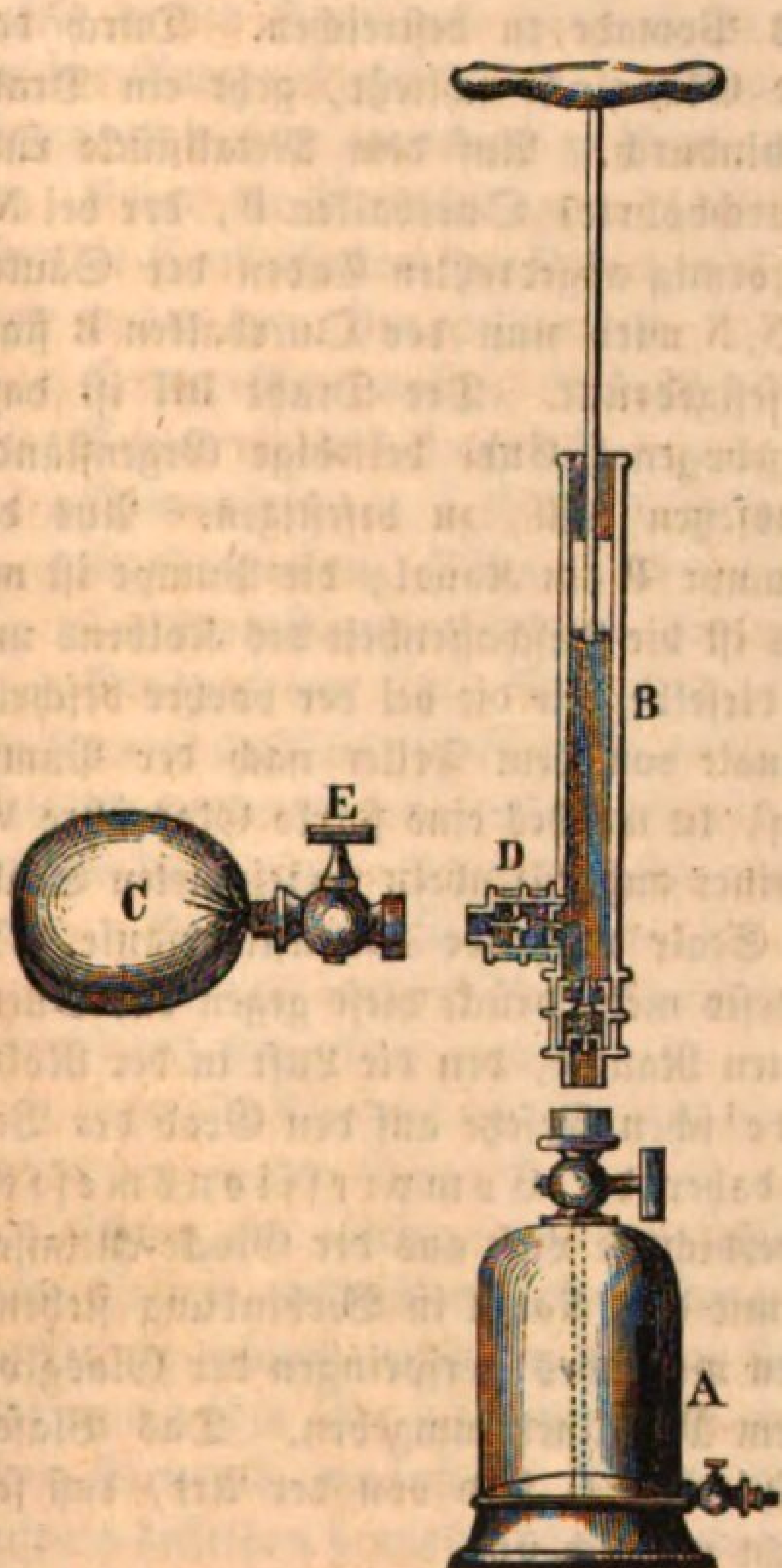


Stiefel zu stehen kommen. 3) Der Kolben K besteht aus einzelnen Scheiben Sohlleder, welche zwischen zwei eisernen Scheiben festgeschroben und so abgedreht sind, daß sie ganz genau in die Röhre des Stiefels passen. Man pflegt die ledernen Scheiben erst mit warmen Wasser zu durchnässen, und dann mit Pomade aus Oel und Wachs zu tränken, damit der Kolben desto genauer in den Stiefel paßt und keine Luft zwischen ihm und den Seitenwänden des Stiefels durchdringen kann. Der Kolben sitzt auf der eisernen Stange aa, welche oben mit einer Handhabe versehen ist. Das Verfahren ist nun folgendes. Man zieht den Kolben in die Höhe und stößt ihn sodann herab, dadurch wird die im Stiefel befindliche Luft zu der Luft in der Kugel gepreßt. Durch den Druck von oben hat nämlich das Ventil v nachgegeben und die Luft aus dem Stiefel in den Behälter B gelassen. Zieht man nun den Kolben wieder nach oben, so wird das Ventil v durch die verdichtete Luft so fest in die Mündung der Kugel gedrückt, daß keine Luft aus der Kugel entweichen kann. Durch das Zurückziehen des Kolbens würde aber im Stiefel ein luftleerer Raum entstehen, wenn nicht sogleich durch die Oeffnung o wieder Luft in den Stiefel träte. Die Luft im Stiefel wird durch ein zweites Herabstoßen des Kolbens wieder in den Behälter B gestoßen und dadurch die Luft in diesem wieder verdichtet, und dies geschieht so oft, als man den Kolben herabstößt. Noch ist zu bemerken, daß die Verdichtung desto weiter getrieben werden kann, je enger man die Pumpe macht, daher giebt man ihr nur eine Weite von etwa 0,5 Zoll. Die Dichte der im Behälter befindlichen Luft läßt sich sehr leicht berechnen. Ist der Inhalt des Behälters $B = b$, der Inhalt des Stiefels von dem Ventil v bis $0 = b'$, so enthält nach dem ersten Stoße das Gefäß $b + b'$ Masse Luft von der gewöhnlichen Dichte; beim zweiten Stoße, wodurch noch ein b' hinzukommt, $b + 2b'$; nach dem dritten $b + 3b'$ u. s. f., im Allgemeinen nach dem n^{ten} Stoße $b + nb'$; die Dichte (d) ist also diesem Gehalte an Luft dividirt durch den cubischen Inhalt des Behälters gleich, d. h. $d = \frac{b + nb'}{b}$. Bei der Windbüchse wird die Luft meist im hohlen Flintenkolben condensirt; dieser tritt dann an die Stelle der Kugel B und ist wie diese mit einem nur nach Innen sich öffnenden Ventil eingerichtet. Nachdem er mittelst der Compressionsmaschine geladen, wird diese von ihm abgeschraubt und dafür der Lauf angeschraubt.

Man kann auch die Oeffnung (o) im Stiefel weglassen, und dafür den Kolben durchbohren und die Oeffnung im Kolben dann unten mit einem Ventil verschließen, welches sich nur nach unten öffnet. Geht dann der Kolben abwärts, so schließt sich das Kolbenventil durch den Druck gegen die Luft und der Kolben treibt die Luft in den Recipienten durch dessen sich öffnendes Ventil; geht hierauf der Kolben aufwärts, so öffnet sich sein Ventil, während das des Recipienten verschlossen bleibt, und durch die Oeffnung im Kolben dringt sogleich Luft unter denselben in den Stiefel. Hier also entsteht nicht wie bei der zuvor beschriebenen Compressionsmaschine im Stiefel ein luftverdünnter Raum, welcher sich erst wieder mit Luft von der gewöhnlichen Dichtigkeit füllt, wenn der Kolben über die Oeffnung (o) gelangt ist. Mit einem durchbohrten Kolben wird sich daher etwas leichter arbeiten lassen, als mit einem ganz massiven, bei welchem man beim Hinaufziehen einen Theil des Atmosphärendruckes zu überwinden hat.

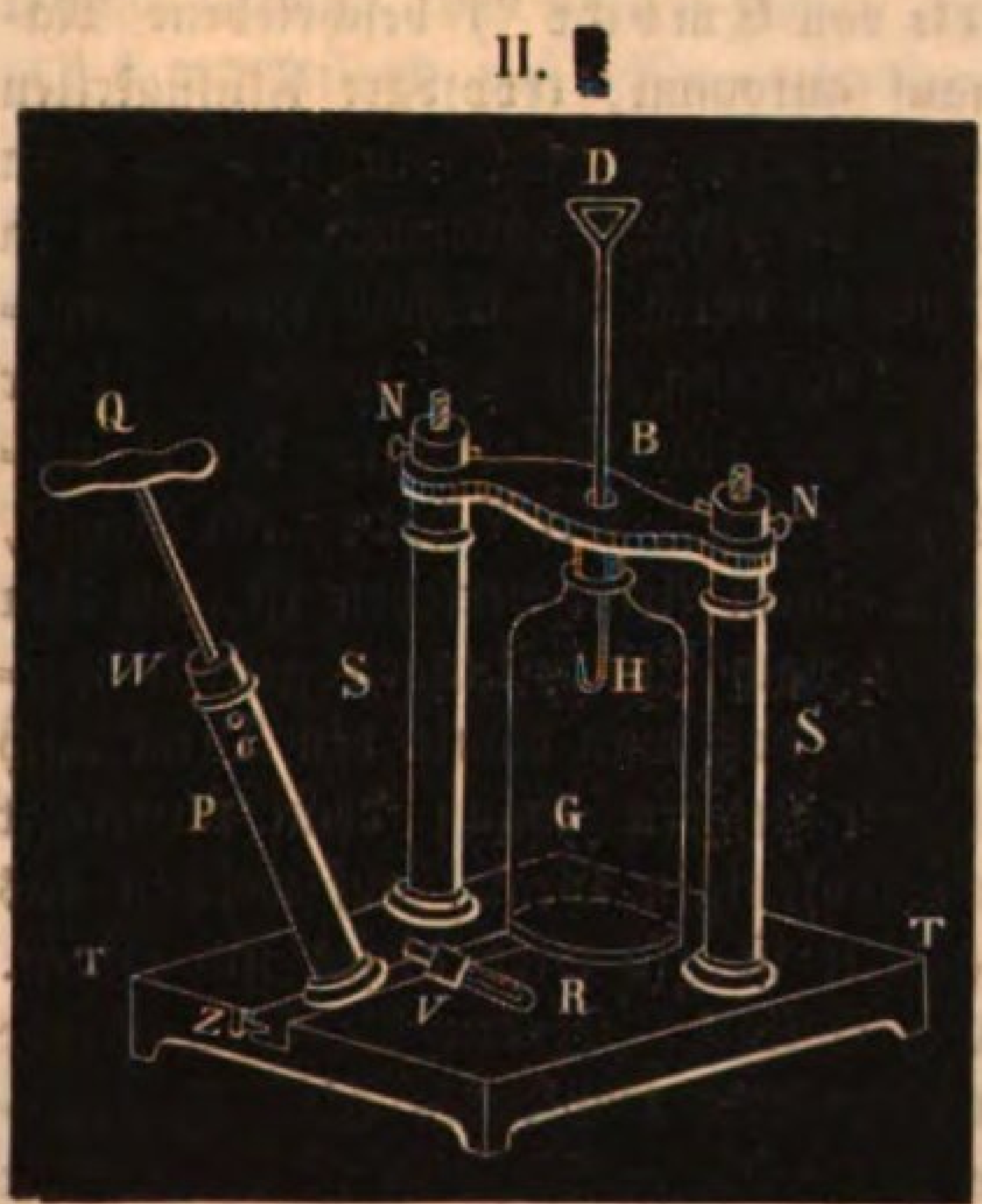
Die umstehende Zeichnung S. 997 stellt eine andere Art von Compressionsmaschine mit massivem Kolben dar. Das Kegelventil ist hier nicht im Recipienten

I.



A, sondern im Stiefel B angebracht *). Daher kann das Gefäß A mit einem Hahne verschlossen werden, nachdem man die Luft in ihm gehörig comprimirt hat. Der vorher aufgeschraubte Stiefel wird dann abgeschraubt. Es ist dies Gefäß ein Heronsball (s. d. Art.), in welchem man die Luft über Wasser comprimirt. Um das Wasser unten ausströmen zu lassen, ist es nach seitwärts unten mit einem zweiten Hahne versehen. Das Ansatzstück D an dem Stiefel enthält ein Kegelventil, welches sich nur nach Innen, nach dem Stiefel zu öffnet. Durch dieses Ventil dringt die Luft von Außen in das Innere des Stiefels, sobald der Kolben in die Höhe gezogen wird, es schließt sich aber durch den Luftdruck von Innen, sobald der Kolben niedergeht. Will man statt der Luft ein Gas in dem Gefäße A comprimiren, so bringt man das Gas in die Blase C, welche an das mit einem Hahne versehene Mundstück E gebunden ist und schraubt das Mundstück auf das Ansatzstück D. Dann tritt statt der Luft Gas in den Stiefel und wird durch den Kolben in den Recipienten A getrieben.

II.

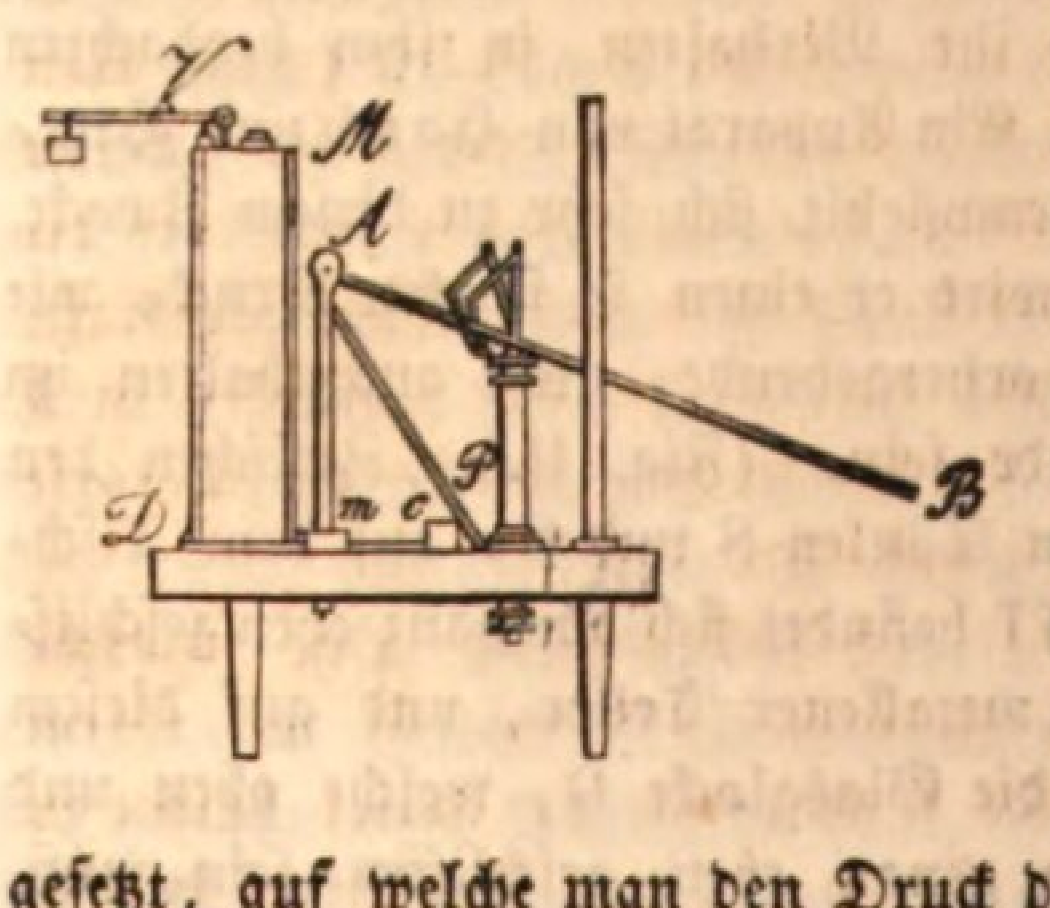


Die bisher beschriebenen Vorrichtungen haben den Nachtheil, daß man nicht gut Körper, auf die man die Wirkung der zusammengepreßten Luft beobachten will, in den Behälter bringen, noch weniger ihr Verhalten in ihm beobachten kann. Ein Apparat von Haas und Hurter empfiehlt sich sehr zu diesem Zwecke, doch wird er einen so starken Druck, wie der vorhergehende, nicht auszuhalten im Stande sein. (Fig. II.). Zwischen den beiden Säulen S und S, auf dem Tischchen TT befindet sich ein ganz eben geschliffener metallener Teller, und auf diesem steht die Glasglocke G, welche oben und unten genau eben geschliffen sein muß, damit sie sowohl an den Metallteller, als

*) Dies Ventil wird nach der Zeichnung durch eine Feder nach oben gedrückt, so daß es sich auch dann schon schließt, wenn es durch die unter ihm verdichtete Luft noch nicht angedrückt wird.

auch an ein auf ihre obere Oeffnung gelegtes Metallstück luftdicht schließt; zu dem Endzweck pflegt man ihre Ränder mit etwas Pomade zu bestreichen. Durch das Metallstück, welches die obere Oeffnung der Glasglocke schließt, geht ein Draht DH in einer Lederbüchse luftdicht beweglich hindurch. Auf dem Metallstücke ruht nun der (zu Durchlassung des Drahtes durchbohrte) Querbalken B, der bei NN Oeffnungen hat, durch welche die schraubenförmig abgedrehten Enden der Säulen S, S gehen. Durch Schraubenmuttern bei N, N wird nun der Querbalken B stark angezogen und so die Glasglocke luftdicht festgedrückt. Der Draht DH ist dazu bestimmt, an sein unteres hakenförmig umgebogenes Ende beliebige Gegenstände, die man dem verstärkten Drucke der Luft aussetzen will, zu befestigen. Aus der Mitte des Metalltellers führt nach der Pumpe P ein Kanal; die Pumpe ist mit einem Blasenventile versehen, und übrigens ist die Beschaffenheit des Kolbens und die Bestimmung der kleinen Oeffnung bei o dieselbe, wie die bei der vorher beschriebenen Compressionsmaschine. Mit dem Kanale von dem Teller nach der Pumpe steht das messingene Stück V in Verbindung, in welches eine starke Glasröhre VQ eingekittet ist. Diese Glasröhre liegt auf einer auf Elfenbein verzeichneten Scale, und enthält eine bis zum Nullpunkte der Scale reichende Quecksilbersäule. Je dichter nun die Luft unter der Glocke wird, desto mehr drückt diese gegen das Quecksilber in die Röhre, und aus dem verringerten Raume, den die Luft in der Röhre einnimmt, schließt man nach dem Mariotte'schen Gesetze auf den Grad der Verdichtung. Diese letzte Vorrichtung heißt daher der Compressionsmesser. Will man die durch Gebrauch der Pumpe verdichtete Luft aus der Glocke entlassen, so öffnet man die Schraube Z, welche eine mit dem Kanal in Verbindung stehende Oeffnung verschließt. Will man sich gegen mögliches Zerspringen der Glasglocke sicher stellen, so kann man dieselbe mit einem Metallnetz umgeben. Das Blasenventil, die Art des Verschlusses des Recipienten G sind von der Art, daß sehr starke Compressionen bei diesem Apparat nicht möglich sind.

Noch bequemer für manche Zwecke ist die von Embcke *) beschriebene Maschine Repsold's, namentlich wo es darauf ankommt, tropfbare Flüssigkeiten zusammenzudrücken. DM ist ein Dom von getriebenem Kupfer, für welchen man einen gläsernen Cylinder nehmen kann, wenn es darauf ankommt, daß die in seinem Innern durch die Compression vorgehende Veränderung gesehen werde. Dieser Cylinder ist auf eine Metallplatte bei D luftdicht aufgeschroben. Bei V hat er ein Ventil, welches mit einem Arme versehen ist, an dem ein Gewicht nach Eintheilungen gestellt werden kann, so daß man damit den Druck nach Atmosphären steigern kann; denn übersteigt der Druck denjenigen Grad, auf welchen das Ventil gestellt ist, so wird dieses sich öffnen. Unter den Cylinder werden die Gegenstände



gesetzt, auf welche man den Druck der expansiblen oder tropfbaren Flüssigkeit wirken lassen will. Die Pumpe P, sowie die ganze übrige Maschine ist ähnlich wie die vorerwähnte eingerichtet, nur befindet sich noch bei m ein Hahn, und bei c eine

---

*) Schweigg. Journ. Bd. XXXI. S. 90.

durch ein Ventil verschlossene Zuleitung, durch welche man die zu verdichtende Flüssigkeit in den Kanal und durch diesen unter den Cylinder bringen kann. Dafür hat der Pumpenstiefel P keine Oeffnung. Der Hebel AB dient nur, die Arbeit des Pumpens leichter verrichten zu können.

Ueber die Vorrichtungen, welche man ersonnen hat, um genauere Versuche über die Condensation der Gase und über die Compression des Wassers anzustellen, wird in den betr. Art. gesprochen.

Compressionsmesser, s. Compressationsmaschine.

Concavgläser, s. Linse.

Concavspiegel, s. Hohlspiegel.

Condensation, s. Verdichtung.

Condensationsmaschine, s. Compressionsmaschine.

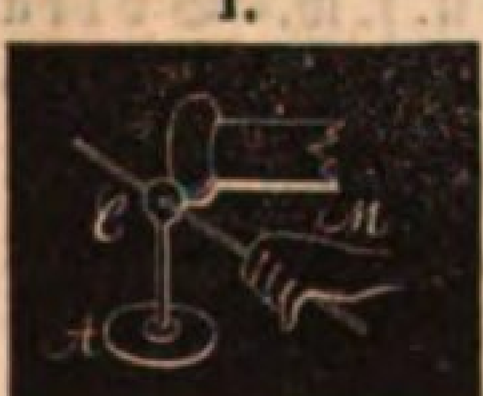
Condensator (lat., Verdichter; franz. Condensateur de l'électricité; engl. Condenser) der Elektricität heißt ein Instrument, welches dazu dient, schwache Elektricitäten zu entdecken, welche mittelst eines Elektroskops (s. d. Art.) nicht mehr entdeckt werden können. Es wurde 1783 von Volta zuerst bekannt gemacht. Den Namen Condensator hat dieses Instrument deswegen erhalten, weil es die ihm von unmerklich elektrischen Körpern zufließende Elektricität verdichtet und dadurch bemerkbar macht.

Zum Verständniß des Wesens dieses Instrumentes dienen folgende vorläufige Betrachtungen von Biot *).

Wenn ein isolirter und im natürlichen Zustande befindlicher Leiter A mit einem System elektrisirter Leiter oder einer dauernden Quelle von Elektricität in Berührung gebracht wird, so ladet er sich mit einer bestimmten Menge Elektricität; nähert man ihm aber während dessen einen andern im natürlichen Zustande befindlichen Körper B, der mit der Erde in leitender Verbindung steht, so wird die Gegenwart desselben bewirken, daß er eine weit stärkere Ladung annimmt. Die Elektricität nämlich, mit welcher sich A anfänglich bedeckt hatte, wirkt bei Annäherung von B vertheilend auf dessen verbundene Elektricitäten, treibt die gleichnamige in den Boden zurück, zieht die ungleichnamige an und hält sie fest; oder bindet sie an der A zunächst befindlichen Oberfläche von B. Aber in Folge eben dieser Anziehung wird das Gleichgewicht in dem Systeme von Leitern, mit welchen A in Verbindung steht, aufgehoben. Eine neue Quantität freier Flüssigkeit (wenn man nämlich die Elektricität einer Flüssigkeit vergleicht) strömt also nach A hin, welche eine neue Zersetzung von Flüssigkeit auf B zur Folge hat, und dies so fort, bis die auf A angehäufte Flüssigkeit sich im Gleichgewichte zwischen der Abstoßungskraft, die sie auf sich selbst ausübt, und der Anziehungskraft, mit der die Flüssigkeit in B sie zurückzuhalten strebt, befindet. Alle diese Erscheinungen, welche die Theorie voraus bestimmt, finden sich durch die Erfahrung bestätigt.

Man ertheile dem großen Conductor einer Elektrisirmaschine eine schwache Elektricität, nehme darauf eine Metallplatte A (s. Fig. I.), hänge sie mit ihrem Haken C an einem Glasstabe M auf, um sie isolirt halten zu können, und bringe so ihren Haken mit dem Conductor in Berührung. Die Platte nimmt hierbei eine kleine Quantität Elektricität auf, welche, nach Entfernung der Platte vom Conductor, den Hollundermarkkugeln eines isolirten, aus zwei lei-

I.

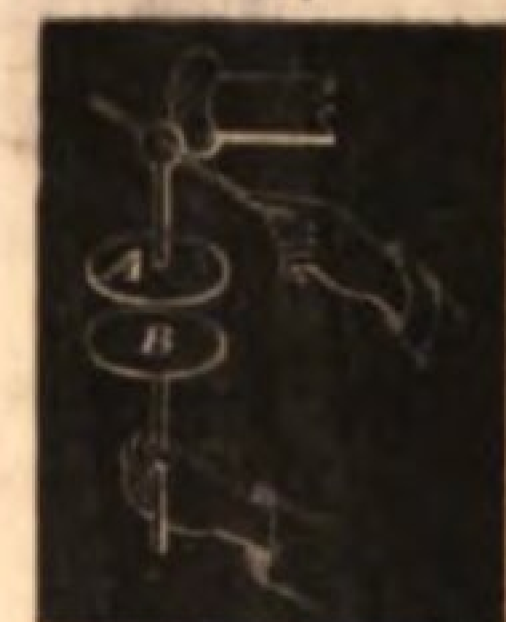


*) Biot, Lehrbuch der Experimental-Physik. Von Fechner. Bd. II. S. 237.

nenen, an einem Kupferstiel aufgehangenen Faden bestehenden Elektroskops einen gewissen Grad der Divergenz zu ertheilen vermag.

Nach dieser Operation hat der Conductor eine so geringe Quantität Elektricität verloren, daß man ihn noch für fast eben so stark als zuvor geladen halten kann; und man wiederholt jetzt die Berührung nach voriger Art, aber so, daß man zugleich unter der isolirten Platte A eine andere Platte B hält, welche mit dem gemeinschaftlichen Behälter der Elektricität (der Erde) in leitender Verbindung steht (s. Fig. II.), und zwar wird B so lange hingehalten, bis die Berührung der ersten Platte A mit dem Conductor wieder aufgehoben ist. A wird nun eine weit stärkere Elektricität erlangt haben, als das erstemal, wie man sich überzeugen kann, indem man sie abermals dem Elektroskop darbietet. Es versteht sich, daß man A von dem Conductor noch unter dem Einflusse von B zurückziehen muß; denn zöge man B eher weg, so würde die in A angehäufte Elektricität sogleich in den Conductor zurückkehren, um sich wieder in ihr voriges Gleichgewicht zu setzen.

II.



Stellt man diesen Versuch so an, daß man die Platte B erst ganz entfernt von A hält, dann allmälig immer mehr nähert, endlich ganz nahe bringt, so findet man, daß die Ladung von A jedes Mal stärker wird. Auch muß dies der Theorie nach so sein; denn die gegenseitige Anziehung der Elektricität von B und von A muß in dem Maße zunehmen, als die Entfernung zwischen beiden Platten abnimmt; und das Maximum der Ladung würde mithin in dem Falle statthaben, wo die Entfernung zwischen beiden Platten vollkommen Null wäre. Da man sie jedoch einander nicht so weit nähern kann, ohne einen Funken durch die sie trennende Luftschicht hervorzulocken, so bringt man zwischen sie einen ganz dünnen Körper, welcher der Elektricität schwer den Durchgang verstattet, an, z. B. eine Glasplatte, ein Stück Wachstaffet, oder eine dünne Harz- oder Firnißschicht. Unter Beobachtung dieser Vorsichtsmaßregel kann man die Entfernung beider Platten fast bis zu einem beliebigen Grade vermindern. Die Instrumente, welche eine solche Einrichtung haben, führen den Namen *Condensatoren*.

Die früheste und einfachste Construction dieses Instrumentes ist folgende. A (s. Fig. III.) ist eine marmorne runde *Platte*, *Condensatorplatte*, auf der eine metallene isolirte Scheibe, der *Deckel* oder *Teller* B (*Collector*, lat., Sammler) steht, welcher mittelst einer gefirnißten gläsernen Handhabe C abgehoben werden kann. Zu der Scheibe A kann statt des Marmors (der aber rein, weiß und trocken sein muß, indem der bunte nach *Volta* weniger brauchbar ist) jeder andere Halbleiter der Elektricität genommen werden, Alabaster, Achat, Calcedon, stark getrocknetes Elfenbein, Schildplatt, mit Leinöl getränktes oder beinahe bis zum Rösten im Backofen erhitztes und gefirnißtes Holz, trockenes Leder, Pergament, Papier u. s. w. *Volta* setzte solche Platten, welche die *Basis* des Condensators ausmachen, auf Unterlagen, durch die sie mit der Erde in vollkommen leitender Verbindung standen. Doch meinte *Volta*, daß man statt der angegebenen Halbleiter der Elektricität auch vollkommen elektrische oder isolirende Körper gebrauchen könne, sobald nur ein guter Leiter als Unterlage sie mit dem Erdboden in Verbindung setze. Beim

III.

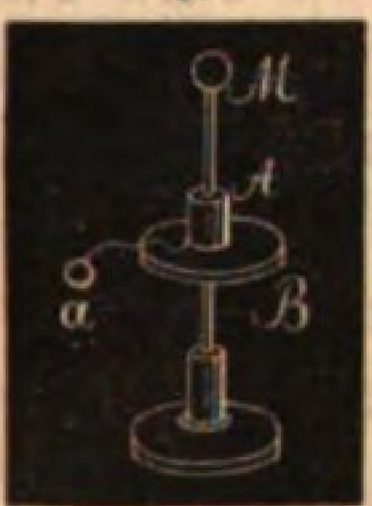


Deckel kommt es vorzüglich darauf an, daß er vollkommen abgerundet sei und gar keine Ecken und scharfen Kanten darbiete; seine untere Fläche muß ganz eben sein, damit sie genau an die Oberfläche der unteren Platte schließe.

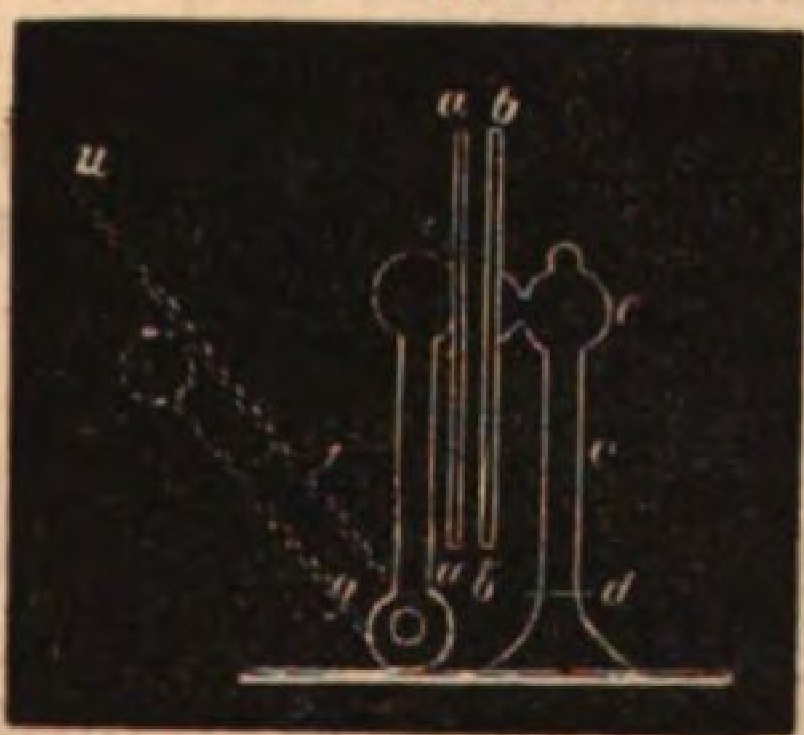
Volta belegte auch nur eine kleine Marmorplatte, die recht eben war, überall mit Stanniol, nur ihre untere Fläche ließ er frei, oder er überzog ebenso eine recht ebene Holzplatte, mit Ausnahme der unteren Fläche, mit Stanniol, diese aber mit Siegellack oder Firniß, oder mit einer dünnen Lage Taffent. Setzte er eine solche Platte mit der, nicht mit Stanniol belegten, Seite auf irgend einen ebenen, mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Körper, so hatte er einen vollkommenen Condensator.

Die jetzt gewöhnliche Vorrichtung ist, man nimmt zwei gleiche, vollkommen ebene Metallscheiben und überzieht eine Ebene von jeder mit einer dünnen, ganz gleichmäßig zu vertheilenden Firnißschicht (Pfaff empfiehlt vorzüglich hierzu den Bernsteinfirniß, da er sich weniger leicht als andere Firnisse abreibt und sehr gut isolirt). Nur eine der beiden Platten mit Firniß zu überziehen ist darum nicht räthlich, weil dann durch das Aufeinanderlegen der (heterogenen) Platten auf einander Elektricität erzeugt werden kann, diese aber von störendem Einflusse wäre, so daß man bei einem solchen Condensator nie auf Richtigkeit der Angaben rechnen könne. Sind beide Platten mit Firniß überzogen, so wird durch Aufeinanderlegen und Druck keine Elektricität erzeugt. Sollte die Firnißschicht auf den Platten nicht ganz gleichförmig vertheilt sein, so kann man sie durch vorsichtiges Abreiben der Platten an einander gleichförmig und so dünn, als man will, machen. — Statt der Firnißschicht zwischen den beiden Platten kann man, wie zuerst Lichtenberg vorschlug, eine dünne Luftschicht anbringen. Dies geschieht in der Art, daß man auf die untere Platte drei kleine Tropfen Siegellack oder Glas bringt, so daß sie ungefähr die Winkelpunkte eines gleichseitigen Dreiecks bilden und dem Deckel zu Stützpunkten dienen, daher, wenn er aufgesetzt wird, zwischen ihm und der untern Platte eine dünne Luftschicht, von der Höhe der Siegellacktropfen, zu liegen kommt. Die obere der beiden Platten A bekommt einen kleinen metallenen Knopf a (s. Fig. I.)

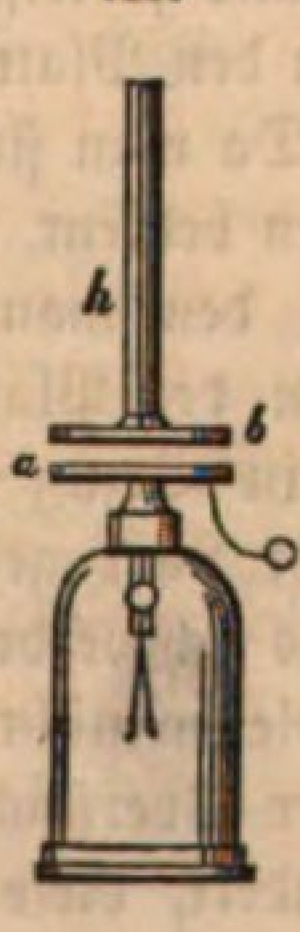
I.



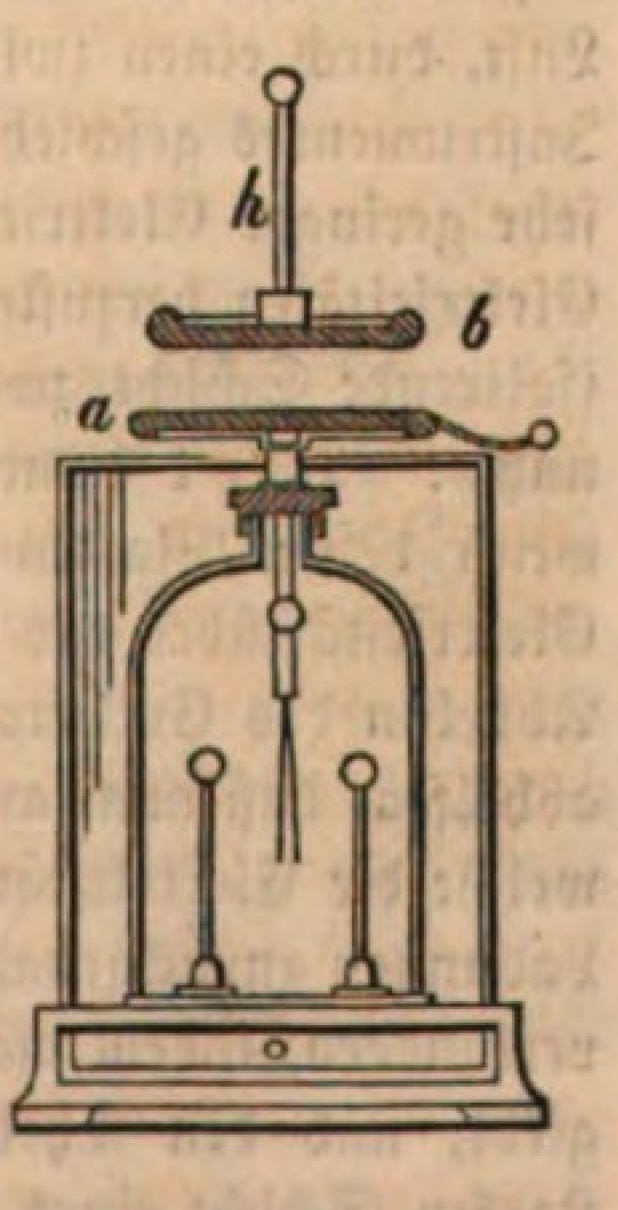
II.



III.



IV.



und eine gläserne überfirnißte Handhabe M; die untere Platte B steht auf einem Fuße von Metall. — Oft werden, wie Fig. II. zeigt, beide Platten auf einem Gestelle einander gegenüber gestellt, der zu bb gehörige Träger c ist aus Glas, der zu aa gehörige f aus Metall. Mittelst einer Schraube lassen sich die beiden Platten einander nähern und von einander entfernen; a kann man auch ganz wenden und umlegen. — Man

pflegt am zweckmäßigsten den Condensator mit einem Elektroskop in Verbindung zu setzen, dann steht, wie Fig. III. und IV. (s. S. 1001) zeigt, die Platte a auf dem Elektroskop; a ist auf der Seite mit einem kleinen metallenen Knopfe versehen, um die auf Elektricität zu untersuchenden Körper damit in Verbindung bringen zu können; b hat dagegen eine kleine gläserne Handhabe h, so daß man diesen Deckel isolirt abheben kann.

Das Verfahren nun ist folgendes. Hat man einen Condensator, welcher nicht mit einem Elektroskop in Verbindung steht (s. Fig. I. S. 1001), so legt man die Platten über einander, berührt die untere mit dem Finger, um sie mit dem Boden in leitende Verbindung zu bringen, und setzt dann den auf Elektricität zu prüfenden (muthmaßlich schwach elektrisirten) Körper mit dem Knopfe an der oberen Platte in Berührung. Diese Berührung unterhält man einige Secunden bis eine Minute. Nachdem aber die Berührung aufgehoben worden, setzt man den Fuß des Condensators auf einen festen Tisch und hebt, während man ihn fest gegen diesen gedrückt erhält, den Collector an dem isolirenden Handgriffe M ab, worauf man an einem Elektroskope die Elektricität, mit der er sich geladen hat, prüft. Bei Abhebung der oberen Platte von der unteren muß man dafür sorgen, daß dies so geschehe, daß die beiden Platten fortwährend in allen ihren Punkten zugleich getrennt und in gleichen Abständen gehalten werden. Wenn man sie in einer schiefen Richtung, so daß die obere Platte gegen die untere geneigt wäre, von einander trennte, so würde sich die Elektricität des Deckels in dem nach unten gesenkten Rande anhäufen, es würde leicht ein Funke entstehen, der die Firnißschicht durchdränge und den Condensator entladete. Deswegen muß auch der Fuß des Instrumentes während der Abhebung des Collectors fest auf den Tisch gehalten werden, weil sonst die Adhäsion der beiden Platten an einander leicht bewirkt, daß sie beim Abheben schief über einander hingleiten. Auch muß man sich hüten, den auf Elektricität zu prüfenden Körper zu lange mit dem Instrumente in Berührung zu erhalten, weil bei einer zu starken Ladung ebenfalls eine Entladung des Instrumentes erfolgen würde, indem die dünnen Firnißschichten, welche die Platten trennen, nur einen gewissen Grad von Widerstand zu leisten vermögen, dann aber, wie sonst durch die Luft, durch einen zwischen den Platten überspringenden Funken eine Entladung des Instrumentes geschieht. Da man sich des Condensators nur zur Bemerkbarmachung sehr geringer Elektricitäten bedient, so ist es unnütz, einen Condensator für stärkere Elektricitäten herzustellen, den man übrigens leicht erhalten könnte, wenn man die isolirende Schicht zwischen den Platten verstärkte, etwa eine Glasplatte dazu benutzte. Biot bemerkt in Bezug auf den Condensator mit der Glasplatte, daß, wenn dessen Platten nicht stark gefirnißt sind, der größte Theil der angehäuften Elektricität über das Glas sich verbreitet und daran haften bleibt, so daß sie beim Abheben des Collectors diesem nicht folgt. Man kann diesem Uebelstande dadurch abhelfen, daß man auf der Oberfläche jeder Platte eine dünne Glasscheibe befestigt, welche die Elektricität hindert, diese Oberfläche zu verlassen. Damit jedoch starke Ladungen zurückgehalten werden können, muß man Entladungen nach den Seiten verhindern, indem man den Glasscheiben einen größeren Durchmesser als den Platten giebt, und den Theil ihrer Oberfläche, der über den Platten vorsteht, mit einer starken Schicht eines gut isolirenden Firnisses überzieht.

Den Hergang in den Platten, auf dem die Brauchbarkeit des Condensators beruht, so wie die Art und die Grenze der durch den Collector bewirkten Anhäu-

fung setzt Biot *) folgendermaßen aus einander, wobei zu bemerken ist, daß das negative Zeichen — nichts weiter zu bedeuten hat, als daß die damit bezeichnete Electricität die entgegengesetzte derjenigen sei, welche durch einen Buchstaben ohne dieses Zeichen angedeutet ist.

Die Elektricität A, welche in den Collector gebracht worden ist, bindet aus der Ferne einen Theil entgegengesetzter El. — B in der untern, mit dem Boden in Verbindung stehenden Platte, und hindert sie, zu entweichen. Diese dagegen für ihr Theil bindet gleichfalls einen Theil A′ der Elektricität des Collectors und raubt ihm seine Expansivkraft. Der Collector befindet sich also ganz in demselben Falle, als wenn er bloß A—A′ freie Elektricität besäße; er muß demzufolge fortfahren, sich zu laden, bis diese Quantität (A—A′) derjenigen gleich ist, welche er den Leitern, mit denen er in Verbindung stehet, unmittelbar entzogen haben würde, wenn er allein, außer dem Einflusse der untern Platte, mit ihnen in Berührung gebracht worden wäre. Das Verhältniß von A zu —B und von —B zu A′ hängt von dem mehr oder minder beträchtlichen Abstande ab, der zwischen den Platten stattfindet. In jedem Falle aber muß —B, ohne Rücksicht auf sein Vorzeichen, schwächer sein als A, so daß, wenn A positiv und B negativ ist, beide mit einander in Berührung gebracht, einen Ueberschuß positiver Elektricität geben müssen. Denn die Anziehung der Theilchen von +A gegen —B muß in der Entfernung geringer sein, als in der unmittelbaren Berührung; da sie nun durch die isolirende Schicht hindurch —B binden und ihm seine natürliche Expansivkraft rauben, so müssen sie durch ihre Zahl das ersetzen, was ihnen an der Stärke der Wirkung abgeht. Wir werden mithin immer B als einen Bruch von A auszudrücken haben. Um von einer festen Vorstellung auszugehen, wollen wir z. B. B = $^{99}/_{100}$ von A annehmen und den Folgerungen aus dieser Voraussetzung nachgehen.

Ebenso wie +A durch die Dicke der isolirenden Schicht hindurch —B bindet, so giebt es umgekehrt in A einen Theil A′, der von — B gebunden wird; und da — B ganz unter denselben Umständen als + A wirkt, so wird es auch eine, zu ihm in demselben Verhältnisse stehende, Quantität Elektricität binden müssen; d. i. $^{99}/_{100}$ B . A′, also wird A′ = $^{99}/_{100}$ von B sein; und da B selbst = $^{99}/_{100}$ von A ist, so folgt, daß A′ = $^{99}/_{100} \times {}^{99}/_{100}$ von A, d. i. $\frac{9801}{10000}$ A sein wird. Der Ueberschuß von A über A′, der den auf dem Collector frei gebliebenen Antheil Elektricität ausdrückt, wird also A — $\frac{9801}{10000}$ A, d. i. $\frac{199}{10000}$ A sein; ein Bruch, der fast genau = $^{1}/_{50}$ A ist, mithin wird diese Platte fortfahren müssen, sich mit Elektricität zu laden, bis der 50ste Theil ihrer Ladung der Quantität gleich kommt, die sie von selbst den nämlichen Leitern entziehen würde, wenn man sie denselben allein und ohne den Einfluß der unteren Platte darböte. Unter diesem Einflusse also wird ihre Ladung 50mal so stark erfolgen, als wenn sie für sich geladen würde. Oder im Allgemeinen: Es bezeichne m das Verhältniß, welches oben zu $^{99}/_{100}$ angenommen wurde; dann ist A′ = m^2A, der Ueberschuß von A über A′ = A—m^2A = (1—m^2) A; also die totale Menge der Elektricität verhält sich zu dem freien Theile derselben wie 1 : 1—m^2, d. h. $\frac{1}{1-m^2}$ ist die **condensirende Kraft** des Instrumentes.

*) A. a. O. S. 240.

Aus dieser Herleitung ergiebt sich, daß im Allgemeinen die condensirende Kraft des Instrumentes von dem Bruch abhängt, der das Verhältniß, in dem sich die Elektricität auf seinen beiden Oberflächen wechselseitig aus der Ferne binden, ausdrückt. Je näher dieser Bruch (m) der Einheit kommt, um so mehr werden die Elektricitätsmengen, welche sich durch die isolirende Schicht zu binden vermögen, sich der Gleichheit nähern, und um so weniger wird der Ueberschuß frei bleibender Elektricität auf dem Collector betragen. Das Verhältniß dieses Ueberschusses zur ganzen Ladung des Condensators wird sich immer, wie in dem vorigen Beispiele, berechnen lassen; und kehrt man dies Verhältniß um, so wird man das Maß der Condensation haben. Dies setzt eine Kenntniß vom Werthe des Bruches voraus, der das Bindungsverhältniß beider Platten ausdrückt. Hierzu läßt sich durch die Erfahrung gelangen. Zu diesem Zweck isolire man das Instrument und lade seinen Collector mit irgend einer Quantität Elektricität, während die untere Platte mit dem Boden in leitender Verbindung steht. Darauf unterbreche man diese Verbindung, und hebe die Platten, während sie so isolirt sind, genau parallel mit einander, zugleich mit ihren isolirenden Schichten, von einander ab, indem man sie an ihren gläsernen Handhaben faßt. Zu diesem Zwecke ist auch die zweite Platte so eingerichtet, daß eine gläserne Handhabe an sie angeschraubt werden kann. Darauf bringe man das Prüfungsscheibchen (ein ganz kleines Scheibchen von Goldpapier an einem es isolirenden Schellackfaden) auf jede derselben an einen ähnlich gelegenen Punkt, z. B. an ihren Umkreis, und messe mit der **Drehwage** (s. d. Art.) die Ladungen, die das Scheibchen von der einen, wie von der andern Platte aufgenommen hat. Sie werden den Dicken der elektrischen Schichten an den Berührungspunkten proportional sein, mithin auch den Totalquantitäten von Elektricität in beiden Platten, weil diese von gleicher Größe und die Berührungspunkte als ähnlich gelegen angenommen sind. Stellt nun die Ladung, welche das Prüfungsscheibchen vom Collector aufgenommen hat, A vor, so wird die, welche ihm durch die untere ertheilt worden ist, — B vorstellen; und das Verhältniß letzterer zur ersten wird den Bruch geben, der das Verhältniß, in dem sich die Elektricitäten beider Platten binden, ausdrückt, woraus man dann durch (die angegebene) Berechnung das Maß der condensirenden Kraft wird herleiten können. Diese Methode ist sicherer, als wenn man das Verhältniß der Condensirung direct auszumitteln sucht, was so geschehen könnte, daß man mittelst des Prüfungsscheibchens die Ladung vergliche, die der Collector von dem nämlichen Systeme von Leitern erhält, wenn er allein, und wenn er unter dem Einflusse der andern Platte ist. Denn zur Genauigkeit dieser Vergleichung wäre erforderlich, daß die Leiter in beiden Fällen genau denselben Grad der Ladung besäßen, wofür sich niemals stehen läßt.

Kommt es indeß nicht auf eine sehr genaue Bestimmung der Condensationskraft eines Condensators an, so kann man diese leicht in folgender Art erhalten. Man bediene sich eines Goldblatt- oder Strohhalm-Elektrometers, welches mit einer Gradtheilung versehen ist, an der man die Abweichung der Goldblättchen etc. absehen kann. Nun bringe man einen schwach elektrischen Körper erst unmittelbar an den Elektrometer und sehe, um wie viel Grade die Goldplättchen von einander gehen; darauf setze man denselben schwach elektrischen Körper in Verbindung mit dem Condensator, und den Collector desselben darauf mit dem Elektrometer. Jetzt werden die Goldblättchen viel stärker aus einander gehen, und gingen sie z. B. vorher um einen, jetzt um zwanzig Grade aus einander, so verdichtete der Condensator

um das zwanzigfache. Mit Hülfe mehrerer Elektrometer von ungleicher, in ihrem Verhältniß zu einander aber bekannter Empfindlichkeit, läßt sich eine größere Genauigkeit erzielen. Auch so kann man die condensirende Kraft eines Condensators bestimmen, daß man bei einer Volta'schen Säule untersucht, wie viele Plattenpaare über einander geschichtet werden müssen, um, wenn das eine Ende der Säule mit dem Erdboden in Verbindung steht, mit dem andern Ende unmittelbar an einem Elektrometer ohne Hülfe des Condensators dieselbe Wirkung hervorzubringen, welche mit Hülfe des Condensators Ein Plattenpaar hervorbringt. So fand Pfaff, daß seine empfindlichsten Condensatoren eine 300mal verdichtende Kraft besaßen; denn erst 300 Plattenpaare einer Volta'schen Säule brachten ohne Condensator die Wirkung eines Plattenpaares mit Condensator hervor.

Unangesehen die condensirende Kraft, welche durch die angegebenen Umstände bestimmt wird, hängt die absolute Wirkung eines Condensators noch von der absoluten Menge Elektricität ab, welche der Collector den ihn ladenden elektrisirten Leitern entzieht, wenn er allein mit ihnen in Berührung gebracht wird. Nun muß, unter übrigens gleichen Umständen, diese Menge mit der Oberfläche des Collectors zunehmen. Condensatoren von größerem Durchmesser werden demnach mehr Elektricität anhäufen, als solche von geringerem Durchmesser, und mithin auch bei ihrer Entladung stärkere Schläge ertheilen, womit die Erfahrung in Uebereinstimmung ist.

Dieses wechselseitige Binden, auf das wir unsere Rechnungen gegründet haben, kann durch folgenden Versuch wahrnehmbar gemacht werden. Man lade einen Condensator mit einer Glasplatte, während die untere Platte mit dem Boden in Verbindung steht, isolire darauf den ganzen Apparat und berühre jetzt erst die untere Platte; man wird keine Elektricität daraus erhalten, zum Zeichen, daß alle darin vorhandene durch Binden zum Verschwinden gebracht ist. Man berühre nun die obere Platte, sie wird einen Funken geben, allein deshalb wird noch nicht alle ihre Elektricität entwichen sein; sie wird vielmehr noch einen bedeutenden Antheil davon zurück behalten. Auch dieser Antheil war also gebunden. Um ihn zur Wahrnehmung zu bringen, berühre man abermals die untere Platte. Diesmal wird sie einen Funken geben, weil nicht alle ihre Elektricität mehr gebunden ist; denn ein Theil der Elektricität im Collector, welche sie aus der Ferne band, ist ja entfernt worden. In Folge dieser neuen Berührung wird nun aber wieder ein neuer Theil der Electricität im Collector frei; dieser giebt also abermals einen Funken, und dies abwechselnd so lange fort, bis beide Platten vollständig entladen sind. Es ist leicht, das Gesetz dieser Progression durch Rechnung nach dem constanten Verhältniß auszumitteln, welches zwischen den sich wechselseitig auf beiden Platten bindenden Elektricitätsmengen stattfindet. Es ergiebt sich daraus, daß die erste Berührung mehr Elektricität entzieht, als die zweite, diese mehr als die dritte u. s. f., so daß die ihr entzogenen Quantitäten eine abnehmende geometrische Progression befolgen, deren Exponent das Bindungsverhältniß ist. Berührt man beide Platten zu gleicher Zeit, so pflanzen sich die sämmtlichen Quantitäten Elektriciät, die durch abwechselnde Berührung successiv aus beiden Platten hätten hervorgelockt werden können, in einem Augenblicke durch die Organe hindurch fort, und der Condensator ist mit einem Schlage entladen.

Es ist oben (S. 1002) angeführt worden, daß in dem Condensator mit einer Glaszwischenlage und unbelegten Platten der größte Theil der angesammelten Elek-

tricitäten nicht an der Oberfläche der Platten haften bleibt, sondern sich an die beiden Gegenflächen des Glases festhängt. Dann besteht die ganze Wirkung der Platten eigentlich bloß darin, eine frei leitende Verbindung zwischen den verschiedenen Punkten jeder der beiden Flächen dieser Glaslage zu bewerkstelligen, so daß die Elektricität sich leicht über dieselben ausbreiten und ebenso im Augenblicke des Entladens von allen ihren Punkten zugleich entweichen kann. Daß dies sich so verhalte, läßt sich leicht durch die Erfahrung nachweisen. Zu diesem Zwecke stelle man einen solchen Condensator, nachdem man ihn geladen hat, auf ein Isolatorium (eine Unterlage von Glas oder Harz), hebe dann mittelst einer isolirenden Handhabe die obere Platte mit der Hand ab; sie wird bei der Berührung nur einen schwachen Funken geben und die Expansivkraft wird auf die andere Platte übergehen. Darauf hebe man auch die Glaslage ab, indem man sie an einer Ecke faßt, und berühre nun die untere Platte; sie wird auch einen, aber ebenfalls nur sehr schwachen Funken geben. Die angehäuften Elektricitäten müssen also an den beiden Flächen der Glasplatte hängen geblieben sein; und wirklich, wenn man sie wieder zwischen die beiden isolirten Platten legt, ohne einem Theile des Systems eine neue Quantität Elektricität zu ertheilen, wird sich der Condensator von selbst fast ebenso stark geladen wieder finden, als das erste Mal. Oder auch, anstatt das Glas wieder zwischen beide Platten des Condensators zu bringen, lege man seine Hände unmittelbar auf die beiden Gegenflächen desselben auf, so daß es in einer großen Zahl von Punkten davon berührt wird; man wird einen Entladungsschlag fühlen, als wenn das Glas zwischen den Platten gelegen hätte, weil die Ausdehnung, in der es von den Händen berührt wird, vielen Punkten an beiden Oberflächen auf einmal sich zu entladen gestattet. Fährt man aber, anstatt die Glasflächen mit ausgebreiteten Händen zu berühren, bloß mit den Fingerspitzen darüber hin, so wird man nur ein Knistern und eine, sich auf die berührten Punkte beschränkende, Entladung empfinden; auf jeden Fall wird keine allgemeine Entladung eintreten, und man nicht Gefahr laufen, sich starken Erschütterungen auszusetzen.

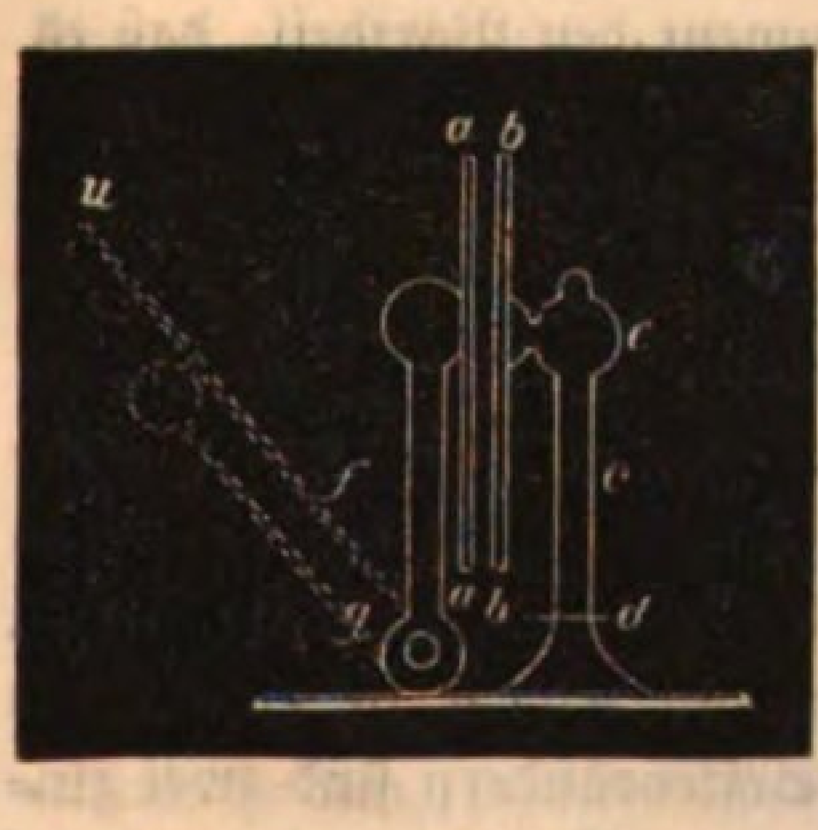
Steht der Condensator in Verbindung mit einem Elektrometer, so vertritt die untere Platte die Stelle des Collectors, und hiernach ändert sich die Art des Verfahrens beim Gebrauche desselben etwas ab. Man bringt nämlich nun den zu prüfenden Körper mit der unteren Platte in Berührung, an welcher daher auch (s. Fig. III. und IV. S. 1001) der kleine metallene Knopf angebracht ist, den Deckel aber bringt man durch Auflegung des Fingers in leitende Verbindung mit dem Erdboden. Darauf hebt man die Verbindung des elektrischen Körpers mit der unteren Platte auf (und zwar bedient man sich dabei eines Isolirstäbchens, nicht der Hand, um keine Ableitung zu geben), und hebt darauf den Deckel an der gläsernen Handhabe von der unteren Platte. So wie dieses geschieht, wird sich die Wirkung der freiwerdenden Elektricität auf die Goldblättchen (oder Strohhalme 2c) des Elektrometers zeigen. Doch auch wenn die obere Platte mit dem elektrischen Körper in Berührung gestanden hätte und die untere Platte berührt worden wäre, wird sich die Gegenwart der Elektricität, nach Aufhebung der Verbindung der Basis und des Deckels, an dem Elektrometer zeigen, allein wie aus dem Vorigen begreiflich, etwas schwächer, und die freiwerdende Elektricität wird entgegengesetzter Art von der des elektrischen Körpers sein.

Die oben erwähnten Untersuchungen über die Stärke eines Condensators, so-

wie die meisten Versuche mit dem Condensator werden sich bequemer anstellen lassen, wenn derselbe in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Elektrometer steht, also nicht erst bei jedem einzelnen Versuche mit ihm in Verbindung gesetzt zu werden braucht.

Kennt man die Verdichtungskraft des Condensators, dessen man sich bedient, so kann man nach der Beobachtung am Elektrometer auch die Art der Elektricität des geprüften elektrischen Körpers bestimmen. Es kommt bei diesen Versuchen aber vorzüglich darauf an, daß der Condensator selbst nicht schon vor dem Versuche, also ehe er durch Mittheilung von einem elektrischen Körper Elektricität empfangen hat, elektrisch sei. Man muß ihn daher vor jedem neuen Versuche vollkommen entladen, welches dadurch geschieht, daß man beide Platten desselben zugleich an den leitenden Seiten mit den Fingern berührt, auch prüft man ihn an einem empfindlichen Elektrometer, auf welches er keine Wirkung äußern darf. Schon durch Abwischen und Reiben der Harzfläche kann dieselbe elektrisch gemacht werden, daher man mit diesem Instrumente sehr vorsichtig umgehen muß.

Man bemerkt durch den Condensator eigentlich nicht sehr geringe Mengen von Elektricität, sondern vielmehr nur Elektricität, die zwar in bedeutender Menge, aber von so geringer Spannung vorhanden ist, daß sie unmittelbar durch das Elektrometer nicht wahrgenommen werden kann. Diese erhält im Condensator eine bedeutendere Spannung. Sowie man nun durch einen Condensator die Elektricität eines Körpers, bei dem dieselbe einen geringen Grad von Spannung hat, bemerklich machen kann, so kann man, wenn in dem Collector eines Condensators selbst die Elektricität noch nicht diejenige Spannung erlangt hat, die nöthig ist, damit die Elektricität am Elektrometer bemerkt werden könne, diese durch einen zweiten Condensator mit kleineren Platten erlangen. Während man also oft die Elektricität eines Körpers noch nicht durch den einen Condensator bemerken kann, kann man es doch, wenn man den Collector dieses Condensators selbst wieder als zu prüfenden Körper mit dem Collector eines zweiten Condensators verbindet. Hierauf beruht die Construction des **doppelten Condensators**. Eine sehr brauchbare Einrichtung, die **Cuthberson** diesem Instrumente gegeben hat, beschreibt **Pfaff** *) sehr faßlich, wie folgt. Statt in horizontaler Lage, befinden sich hier die Platten bei ihrem Gebrauche in einer verticalen; aa und bb (s. beistehende Fig.) sind Messingscheiben von ungefähr 8 Zoll Durchmesser. Die



Platte bb ist an die mit einer Hülse versehene Kugel von Messing e angeschraubt und wird von einem Glasstabe c getragen, dessen unteres Ende in dem hölzernen Fuße d befestigt ist. Die andere Platte aa wird von der Messingstange f, die unten mit einem Charnier und oben mit einer Kugel, an welche die Platte angeschraubt, versehen ist, in paralleler Lage mit bb erhalten. Mittelst des Charniers läßt sich diese Platte aa zurücklegen in die Lage, wie die punktirten Linien ug bezeichnen. Ein hervorragendes Stück am Charnier hält die Platte auf, wenn sie in die gehörige Lage parallel mit bb gekommen ist, und erhält sie in ihr. Auf der Kugel e befindet sich eine Mutter-

*) Gehler's phys. Lex. N. A. Bd. II. S. 243.

schraube, in welche sich drei Stücke für drei Hauptversuche, die man mit dem Condensator anstellen will, einschrauben lassen, ein kleiner messingener Becher, ein mit Stanniol überzogenes Stäbchen für die Luftelektricität und ein Messingdraht, der mit einem Gelenk versehen und bestimmt ist, die Condensatorplatte mit der Platte einer Volta'schen Säule in leitende Verbindung zu setzen. Zur größeren Bequemlichkeit bedient man sich eines gewöhnlichen Goldblattelektrometers (s. nebenstehende Fig.), woran der kleine Condensator angebracht ist, dessen Scheiben 1",5 im Durchmesser haben, deren eine an die messingene Deckplatte des Elektrometers angeschraubt ist, die andere an einen Messingstab, welcher unten auf gleiche Weise, wie am größern Condensator, mit einem Charniere versehen ist, um die Scheibe niederlegen zu können, und auf dem Fuße des Elektrometers festsitzt. Beide Instrumente lassen sich einzeln und in Verbindung mit einander gebrauchen. Erfordert der Versuch (wenn nämlich der einzelne Condensator keinen merklichen Ausschlag giebt) beide Condensatoren, so werden sie mit einander verbunden. Die feste Platte bb des größern Condensators muß zu dem Ende an der Seite mit einem Messingstifte versehen sein, der in ein Loch am Rande der Collectorplatte bb des kleinen Condensators gut paßt. Will man z. B. die Elektricität, die durch einen mit Luftentwicklung verbundenen chemischen Proceß erregt wird, untersuchen, so schraubt man das Schälchen auf die Kugel des großen Condensators und setzt in dasselbe eine Glas- oder Porcellanschale mit den Materien, welche jene Luftentwicklung geben sollen, z. B. Kreide und verdünnte Schwefelsäure, und verbindet darauf beide Condensatoren. Hat das Aufbrausen begonnen, so schlägt man die bewegliche Platte aa des großen Condensators in die punktirte Lage zurück, und wenn viel Elektricität erzeugt ist, so divergiren jetzt schon die Goldblättchen, wo nicht, so schlägt man nun auch die eine Platte des kleinen Condensators zurück, wo unfehlbar in obigem Falle Spuren von Elektricität sich zeigen werden.

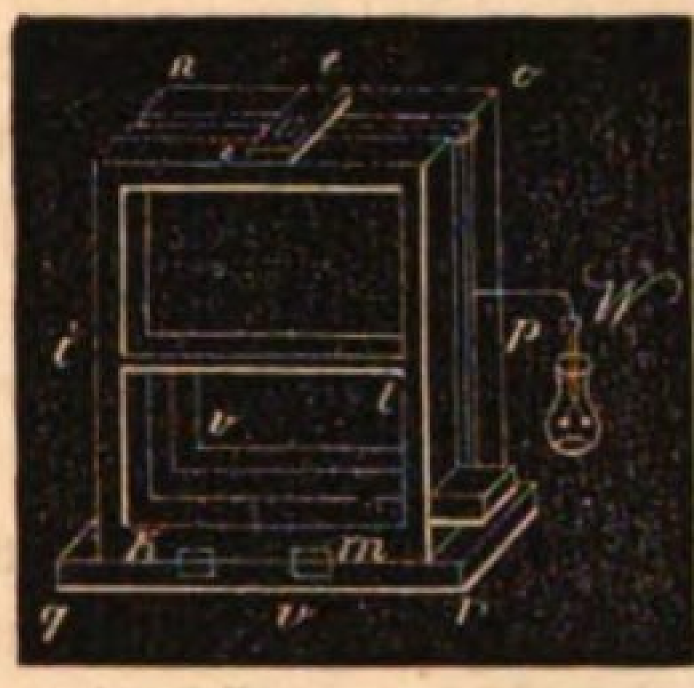


Ein Condensator mit zwei Deckeln statt der bisher erwähnten mit einem Deckel ist das unter dem Namen Collector (lat.; Elektricitäts-Sammler) von Cavallo im J. 1788 der Societät der Wissenschaften zu London vorgelegte Instrument, welches auch mit dem Volta'schen Condensator ganz einerlei Bestimmung hat. Vor diesem hat Cavallo's Instrument den Vortheil, daß es, wie gesagt, zwei Deckel hat, also, wenn es übrigens gleiche condensirende Kraft hat, doppelte Wirkung hervorbringt; dafür aber ist, seiner ganzen Beschaffenheit nach, nicht möglich, dasselbe so dauerhaft und brauchbar herzustellen, wie das Volta'sche Instrument. Pfaff*) giebt folgende Beschreibung:

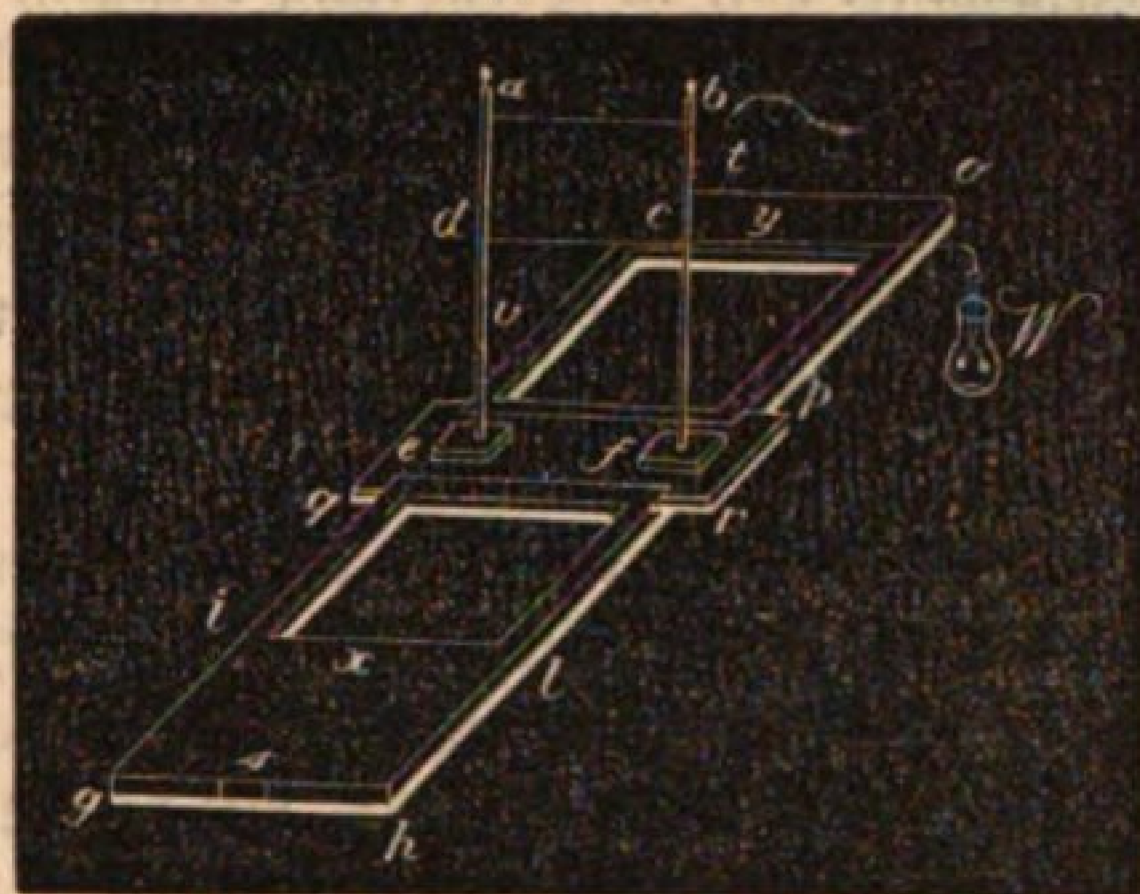
Die beiden perspectivischen Zeichnungen (s. Fig. I. und II.) stellen das Instrument dar; die eine in dem Zustande, die Elektricität zu sammeln, die andere in dem Zustande, die gesammelte Elektricität bemerkbar zu machen. Die nämlichen Buchstaben bezeichnen dieselben Theile in beiden Figuren; abcd ist eine ebene Zinnplatte, 13" lang und 8" breit. An den kurzen Seitenrändern sind zwei zinnerne Röhren ad und bc angelöthet, die an beiden Enden offen sind; de und cf sind zwei Glasgefäße, die mit Siegellack und durch Hülfe der Wärme (nicht des

*) Gehler's phys. Lex. Neue Ausg. Bd. II. S. 166.

I.



II.



Weingeistes, welches nur eine unvollkommene Isolirung gewährt) überzogen sind. Sie sind in die unteren Oeffnungen der zinnernen Röhren und ebenso in den hölzernen Untersatz der Maschine bei e und f eingekittet, dergestalt, daß die Zinnplatte durch die Glasröhren vertical getragen wird und völlig isolirt ist; g h i l q r und n o p v sind zwei hölzerne Rahmen, welche an das hölzerne Bodenstück befestigt sind und durch Hülfe messingener Charniere k, m entweder parallel mit der zinnernen Platte gestellt, oder geöffnet und auf das Bodenstück gelegt werden können. Ueber die innere Seite der Rahmen wird von der Mitte ihrer Höhe, wo der untere Rand der Zinnplatte gegenübersteht, Stanniol x, y mit aller Sorgfalt aufgeklebt, daß er vollkommen eben anliege. Wenn die Rahmen vertical stehen, so berühren sie die Zinnplatte nicht, sondern stehen ungefähr 0'',2 davon ab. Sie sind auch etwas schmäler als die Zinnplatte, um die zinnernen Röhren a d, b c nicht zu berühren. In der Mitte des Obertheiles jedes Rahmens befindet sich ein kleines hölzernes Bret, s und t, mit einer messingenen Klammer, durch welche die Rahmen in der Höhe befestigt werden, und welche zugleich verhindert, daß sie der Zinnplatte nicht zu nahe kommen können. Man sieht leicht, daß, wenn die Rahmen vertical gerichtet, die Flächen des Stanniols x, y gleichlaufend und parallel mit der Zinnplatte sind.

Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so stellt man es auf einen Tisch oder einen andern bequemen Ort. Man stellt irgend ein empfindliches Elektrometer, wie das Bennet'sche oder Bohnenberger'sche, daneben, und bringt es durch einen Metalldraht mit einer von den zinnernen Röhren a d, b c in leitende Verbindung. Man veranstaltet eine andere leitende Verbindung zwischen der Zinnplatte und dem Elektricitätsquell, dessen Elektricität man in der Zinnplatte a b c d sammeln und verdichten will. Nachdem diese Verbindung nach den Umständen mehr oder weniger lange bestanden hat, hebt man die Verbindung auf, und legt die Seitenrahmen einen nach den andern nieder, worauf dann das Elektrometer durch die Divergenz der Goldblättchen, oder bei Anwendung des Bohnenberger'schen durch die Bewegung nach der einen oder andern Seite, Elektricität anzeigen wird, auch wenn ihre ursprüngliche Spannung noch so gering war, wenn nur ein hinlänglicher Vorrath von Elektricität von dem Elektricitätsquell aus, den man prüft, hinzuströmen konnte. Sollte jedoch die Zinnplatte des Collectors keine Elektricität durch das Elektrometer verrathen, so kann man einen kleinern Collector, nämlich einen solchen, dessen Zinnplatte ungefähr 4 Quadratzoll hat, mit der Zinnplatte des größeren, worin man zuvor auf die angegebene Weise die Elektrici-

tät angesammelt hat, in Berührung bringen, während bloß die Seitenrahmen des letzteren angelegt sind. Wenn alsdann der kleine Collector von dem größeren entfernt wird, seine Seitenrahmen nun erst niedergelegt werden, und seine Zinnplatte mit einem empfindlichen Elektrometer in Berührung kommt, so wird dieses dann in manchen Fällen noch deutliche Spuren von Elektricität verrathen, und eine am größeren Collector zwar nur sehr schwach wahrgenommene Elektricität wird jetzt sehr verstärkt erscheinen.

Es wurde schon bemerkt, daß der Condensator in allen denjenigen Fällen Anwendung findet, wo Elektricität in Menge, aber von geringer Spannung vorhanden ist; er wird also namentlich dann anwendbar sein, wo sich die entzogene Elektricität sogleich wieder ersetzt, wie dies namentlich bei der Berührungselektricität der Fall ist, sowie da, wo Elektricität über große Flächen ausgebreitet ist. Man kann bei der Herstellung eines Condensators Rücksicht nehmen auf den Gebrauch, den man vorzugsweise von ihm machen will.

Im Folgenden will ich noch einige Mittheilungen machen über in neuerer Zeit ausgeführte, vorzüglich empfohlene Constructionen des Condensators.

Munck af Rosenschöld *) beschreibt einen von ihm gebrauchten Condensator und dessen Herstellung, welcher eine Verbesserung des oben erwähnten Lichtenberg'schen Instrumentes ist. Dieser Condensator besteht aus zwei kupfernen Platten 3″ 7‴ im Durchmesser und 2‴ dick, die so gut an einander geschliffen sind, daß sie mit ihren ebenen Flächen stark an einander adhäriren und keinem Lichtstrahl den Durchgang verstatten. Da es bei einem guten Condensator darauf ankommt, daß die Platten, ohne sich zu berühren, einander so nahe als möglich sind, so wurde dies auf folgende Weise zu erreichen gesucht. Nachdem die unterste Platte auf das Gestell einer Lampe gelegt war, wurden 20 bis 30 sehr kleine Gummilackstücke von der Größe eines Sandkorns, nahe am Rande herum so geordnet, daß die Abstände ungefähr gleich waren. Darauf wurde die Platte erhitzt, und sobald die Gummilackkörner völlig flüssig waren, wurden sechs schmale Streifen von dünnem Stanniol in gleichen Entfernungen zwischen ihnen gelegt und die Flamme sogleich gelöscht. Dann wurde die obere Platte vorsichtig auf die untere gelegt und beide stark gegen einander gedrückt. Nach dem Erkalten kann man die obere Platte leicht los machen, und alle Gummilackkörner bleiben platt an der unteren haften. Beide Platten nähern sich also einander bis auf die Dicke eines dünnen Blattes Stanniols, und die Entfernung ist überall gleich. — Beim Gebrauche wird die untere Platte an das Volta'sche Elektrometer geschraubt, und die obere, welche mit einer isolirenden Glasröhre und Handhabe versehen ist, darauf gelegt. — Munck af Rosenschöld macht noch besonders darauf aufmerksam, daß die Gummikörner sehr rein sein müssen, weil bei der geringsten fremden Einmischung die Elektricität der unteren Platte in die obere übergeht.

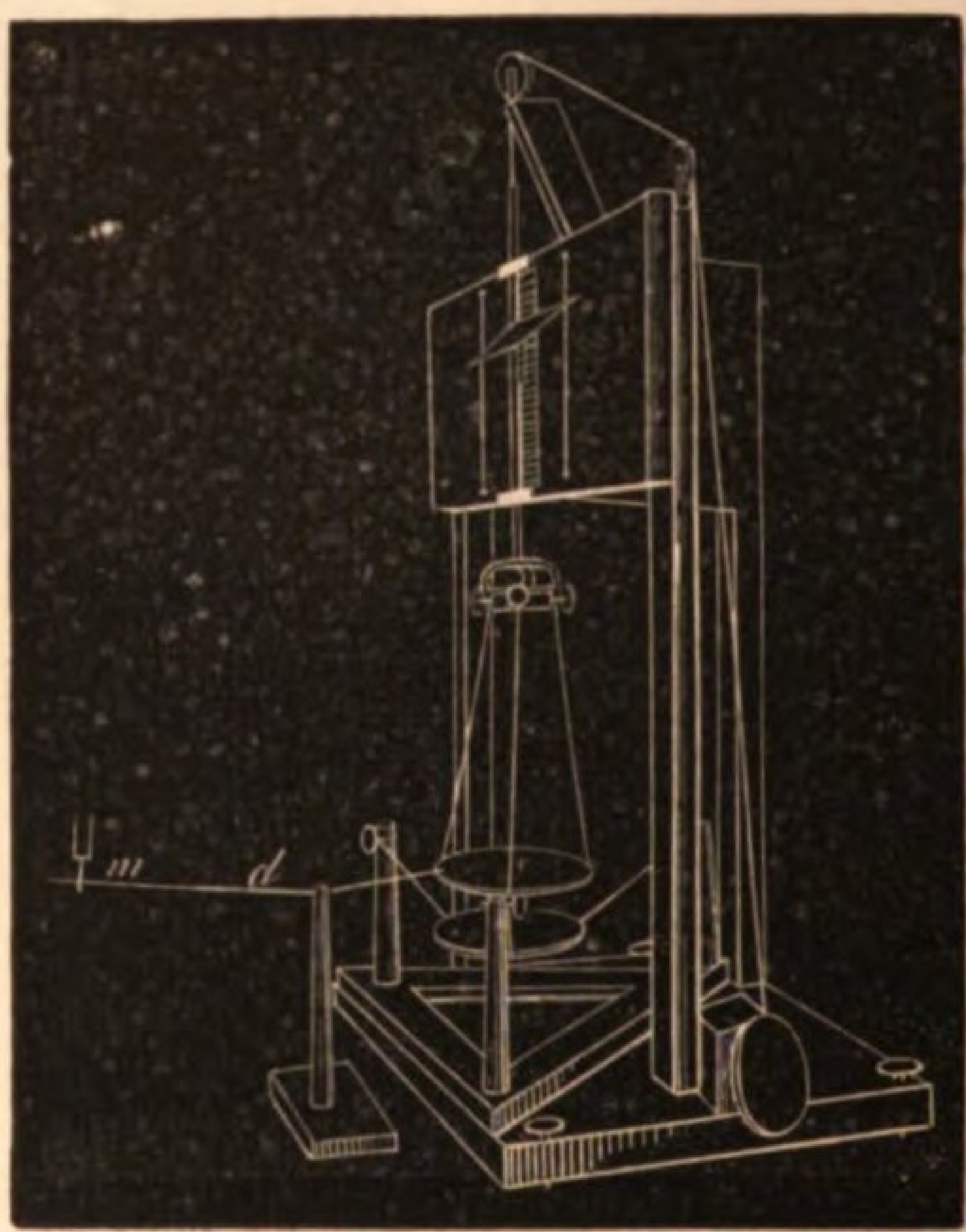
Péclet**) hat einen Condensator ausgeführt, welcher sich durch außerordentliche Empfindlichkeit auszeichnet und besonders zu den feinen Versuchen über Berührungselektricität zu brauchen ist. Derselbe besteht aus drei Glasplatten, die sorgfältig auf einander abgeschliffen und mittelst Eiweis ganz mit Blattgold belegt worden sind. Eine dieser Platten A ist an einem gewöhnlichen Goldblatt-

*) Pogg. Ann. Bd. XXXV. S. 46.
**) Compt. rend. T. VII. p. 486. Pogg. Ann. Bd. XLVI. S. 343.

Elektrometer befestigt und auf ihrer oberen Fläche überfirnißt. Die zweite, B, ruht auf der ersten; sie ist auf beiden Seiten gefirnißt, und an einem Punkte ihres Umfangs sitzt horizontal ein vergoldetes ungefirnißtes Kupferstäbchen; auch ist sie in der Mitte, wie die bewegliche Platte der gewöhnlichen Condensatoren, mit einem zu ihrer Handhabung dienenden Glasstab versehen. Auf dieser Platte endlich befindet sich die dritte Platte C, welche zur Durchlassung des Stabes von B in ihrer Mitte mit einem Loch versehen ist. Die Platte C ist bloß an ihrer Unterseite gefirnißt und auf dem Loch in ihrer Mitte mit einer Glasröhre versehen, welche den Stab von B umschließt, aber kürzer als dieser ist. — Die Gebrauchsweise dieses Apparats ist nun folgende: Man berührt die obere Platte mit dem Metall, dessen Wirkung auf das Gold man kennen lernen will, und setzt die Platte B mit dem Boden in Verbindung. Dann unterbricht man diese Verbindung, hebt die Platte C ab und berührt die Platte A. Nachdem man diese Operation einige Male wiederholt hat, hebt man mittelst des Stiels der Platte B zugleich die beiden Platten B und C ab. Die Goldblätter des Elektrometers divergiren nun desto stärker je öfterer der Contact vollzogen ward. — Die Goldblättchen sind eingeschlossen in einen Kasten von parallelen Glasplatten, der auf einem mit Stellschrauben versehenen Fuße ruht, auf welchem an einer Seite eine senkrechte Platte mit einem kleinen Loch, und auf der andern Seite ein senkrechter getheilter Gradbogen, dessen Mitte in gleicher Höhe liegt mit dem Loch in der Platte und dem oberen Ende der Goldplättchen. Man sieht durch das Loch der Platte, wenn man beobachten will.

Ein sehr sorgfältig ausgeführter Condensator, der mit dem Dellmann'schen Elektrometer (s. d. Art.) in Verbindung gesetzt wurde, beschreibt Kohlrausch *). Dieses Instrument empfiehlt sich besonders zu Untersuchungen bei Elektricitätsquellen von unendlicher Ergiebigkeit, bei geringer constanter Dichtigkeit. Es gelang Kohlrausch, mit diesem Condensator die elektroskopischen Spannungen einfacher Volta'scher Ketten fast mit derselben Genauigkeit zu messen, mit welcher man ihre elektromotorischen Kräfte bestimmt. Die Vortheile des Apparates liegen darin, daß man die Platten bei vergleichenden Versuchen genau auf dieselbe Weise wiederholt einander nähern kann, auf gleiche Weise, mit demselben Punkte, die Verbindung der Collectorplatte mit dem Elektrometer bewirken kann, und daß die Aufhebung der Collectorplatte stets gleichförmig geschieht, was mit dem Aufheben mit freier Hand nie zu erzielen ist, und daß endlich die isolirenden, mit Kitt befestigten Glasstiele vermieden sind, auf deren störenden Einfluß Kohlrausch aufmerksam gemacht hat. Statt der Glasstiele hat Kohlrausch isolirende Seidenschnüre angewendet. In der nächststehenden Abbildung ist das Instrument dargestellt. Die Messingplatten sind $5^1/_2$ Par. Zoll im Durchmesser und reichlich 1 Linie dick. Die drei Seidenschnüre sind durch Löcher am Rande gezogen, doch münden diese Löcher nur auf dem Rande und der äußeren Fläche, so daß die auf einander liegenden Flächen unversehrt sind. Die Schnüre sind nicht viel stärker, als das Gewicht der Platten erfordert, damit sie der Elektricität möglichst wenige Leitung darbieten. Die zur unteren Platte sind etwa 5 Zoll lang und können noch kürzer sein, die zur oberen 8 bis 10 Zoll. Durch Wirbel können die Schnüre verkürzt werden. Die zur unteren Platte gehörigen Wirbel stecken in hölzernen Säulen,

*) Pogg. Ann. Bd. LXXV. S. 90.



welche von einem verschiebbaren Dreieck getragen werden, die Wirbel zur oberen Platte in einem Holzkreise. Auf diesen ist ein Stück Messing geschroben, welches aus drei Armen besteht, die in Winkeln von 120° zu einander gestellt sind. Ihre Enden ragen über den Holzkreis hervor, sind hier abgesetzt und liegen in den drei Enden eines messingenen Dreizacks, welcher von einer aufwärts laufenden Stange getragen wird. So kann der Holzkreis mit der Collectorplatte aus dem Dreizack ausgehoben und genau wieder auf dieselbe Weise eingehängt werden. Die Metallstange hängt an einem Bindfaden, welcher über Rollen laufend unten an der Axe einer Rolle mit größerem Knopfe befestigt ist, durch deren Drehen die Collectorplatte gehoben und gesenkt wird. Die Axe besteht aus einem etwas conisch geschliffenen dicken Metallstift, welcher in einem Holzklotze mit genügender Reibung sich drehen läßt. Damit bei dem Heben und Senken der Collectorplatte jede Drehung vermieden werde, ist auf die mehr erwähnte Metallstange ein horizontales Messinglineal gelöthet, dessen Enden auf verticalen Stahldrähten gleiten. Außerdem führt der Metallstab bei seinen Bewegungen einen Nonius auf einer getheilten Scale auf und nieder. Um der Stange eine leichte und sichere Bewegung zu geben, läuft sie oben und unten in Pfannen, in welchen sie durch federnde Fischbeinplättchen erhalten wird. — Die Isolirung der Platten von einander ist folgendermaßen bewerkstelligt. Die erhitzte untere Platte wurde an drei Stellen in der Nähe des Randes einmal mit dünnem Lackfirniß bestrichen. Auf jede dieser $^3/_4$ Z.-großen gefirnißten Stellen, von denen aller Weingeist durch Hitze vertrieben war, wurde ein dünnes Stückchen Schellack gelegt und nun die Platte von unten so stark erhitzt, daß das Lack zum Schmelzen kam und sich fest mit der Platte verband. Durch ein scharfes Messer konnten diese erhabenen kleinen Lackstellen geebnet und so weit weggenommen werden, als die zu erstrebende Empfindlichkeit des Condensators erforderlich machte. Darauf wurde auch die obere Platte an den correspondirenden Stellen mit Lackfirniß überzogen, damit beim Aufsetzen derselben nicht etwa Elektricität entstehe. Diese Firnißstellen auf beiden Platten scheinen auch deshalb nöthig, weil sonst bei größerer Spannung der sehr kurze Weg, nämlich die Dicke des aufgeschmolzenen Lacks, von den Elektricitäten zur Ausgleichung könnte benutzt werden. — Hat man den Condensator geladen und will nun die Elektricität an das Dellmann'sche Elektrometer übertragen, so hebt man die Collectorplatte bis zur Berührung mit dem einen Ende des Verbindungsdrahtes d. Dieser etwa $^3/_8$ Linien dicke und also federnde Draht ist in der Spitze einer Lack-

säule eingeschmolzen, welche auf einem kleinen Fußbrete steht; sein anderes Ende berührt den Zuleitungsdraht m des Elektrometers. Sobald auf diese Weise die Elektricität sich in den Apparat ergossen hat, senkt man die Collectorplatte bis zu einer willkürlichen, immer aber derselben Tiefe unter den Draht d und isolirt dann erst Streifchen und Wagebalken. Dies geschieht aus zweierlei Gründen. Da die abgeleitete untere Platte trotz der größeren Entfernung noch rückbindend auf die Collectorplatte wirkt, so muß die Mittheilung der Elektricität dieser an den Apparat immer in derselben Entfernung von der unteren Platte geschehen. Wollte man dies dadurch erreichen, daß man durch Beobachtung des Nonius auf dem getheilten Lineale während der Berührung und geringen Hebung des Drahtes d genau immer dieselbe Höhe erwirkte, so würde man durch den Zeitaufwand einen zu verschiedenen Zeiten verschiedenen Elektricitäts-Verlust erfahren. Dann auch würde man mit der Hand die Senkung des Zuleitungsdrahtes nicht wohl bewerkstelligen dürfen, sondern durch einen längeren Faden den betreffenden Hebel losziehen müssen, weil der rückbindende Einfluß der nicht genau immer auf dieselbe Weise zu führenden Hand in der Nähe des Drahtes d und der Platte größere Differenzen herbeiführt, wenn beide noch verbunden sind, als nach geschehener Trennung. — Um die Collectorplatte zu entladen, hebt man sie bis zum Drahte d und legt nun den Entladungsdraht des Elektrometers an den Zuleitungsdraht. So erfolgt die Entladung mit der des Elektrometers zugleich. Beim Laden des Condensators soll man nach Kohlrausch die untere Platte nicht mit dem Finger berühren, sondern soll zur Ableitung einen in die Erde führenden Draht von demselben Metall wie der Ladungsdraht der Collectorplatte mit der unteren Platte verbinden*).

Unter dem Namen eines elektrodynamischen Condensators hat Nobili**) ein sehr einfaches Instrument angegeben, welches dazu dient, die Volta'sche Elektricität zu condensiren. Derselbe besteht aus einer ganz einfachen langen Spirale von Kupferdraht. Hat man zwei kleine Plattenpaare von einem oder zwei Quadratzoll Oberfläche, so erhält man mit Hülfe eines Condensators Funken durch dieselben, ohne denselben aber nicht. Nobili stellte den Versuch auf folgende Art an. Er befestigte an die Kupferplatte und an die Zinkplatte zwei kurze Metalldrähte und verband das freie Ende eines dieser Drähte (gleichviel welches) mit dem einen Ende der Spirale, welche als Condensator diente, mit der Vorsicht, diese Verbindung ein wenig unterhalb des letzteren Endes zu bewerkstelligen. Er faßt nun mit den Fingern der einen Hand die beiden Enden der Spirale, hält sie parallel dicht neben einander, nimmt darauf das freie Ende des nicht mit der Spirale verbundenen Polardrahtes und streicht es entweder über das andere (unverbundene) Ende der Spirale, oder über den andern Polardraht. Im ersten Falle macht die Spirale einen Theil des Bogens aus, und es erscheint im Moment der Unterbrechung ein Funke; im zweiten Falle bleibt die Spirale vom Bogen ausgeschlossen und der Funke stellt sich nicht ein. Zur Erklärung dieser Erscheinung und der Wirksamkeit des Apparates erinnert Nobili, daß bei einer einfachen Wollaston'schen Kette (s. d. Art.) der Funke niemals beim Schlie-

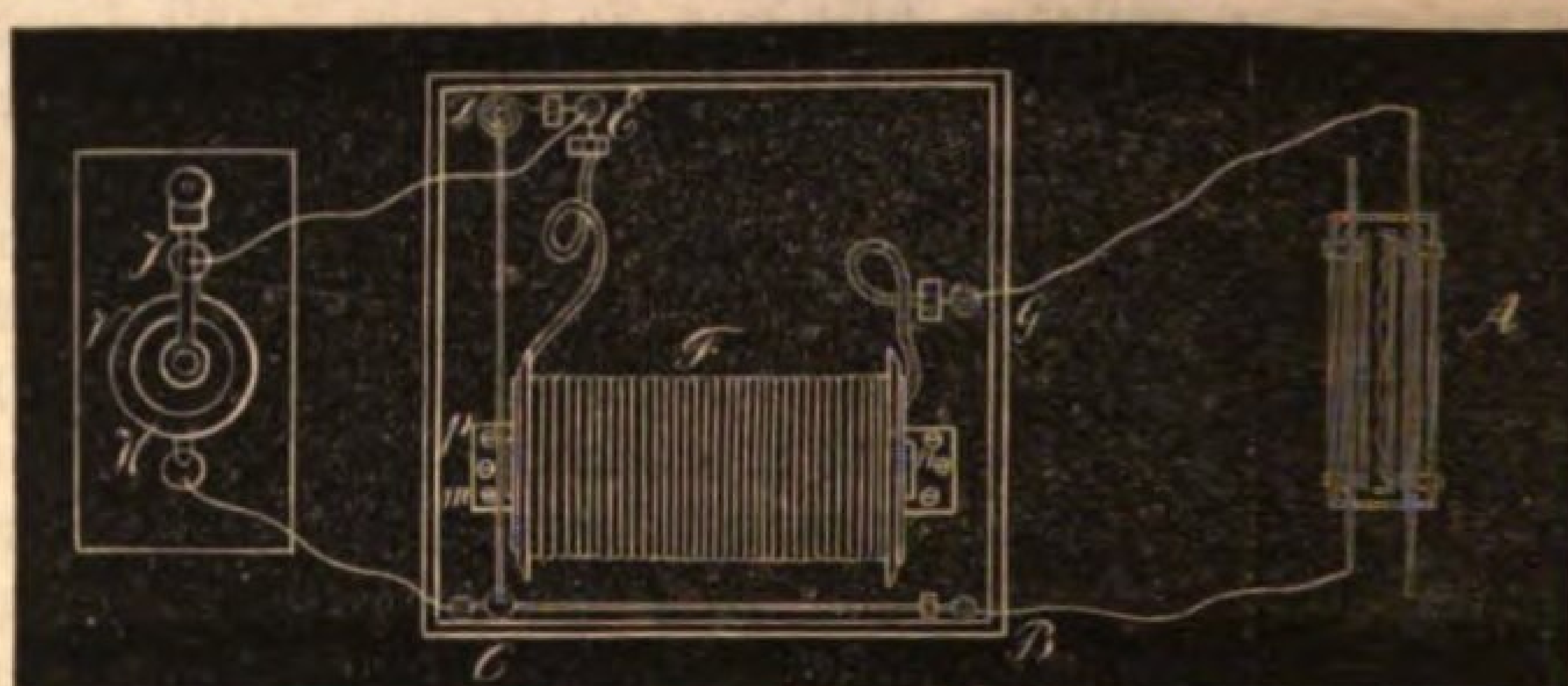
---

*) Auf die Theorie des Condensators werde ich im Art. Elektricität zurück kommen. Ich verweise hier nur noch auf eine Abhandlung von Rieß über diesen Gegenstand in Pogg. Ann. Bd. LXXIII. S. 367, und auf eine Abhandlung von A. S. Weiß in einem Programm der Handels- und Gew.-Schule zu Fürth vom J. 1848.

**) Antologia di Firenze No. 136. Pogg. Ann. Bd. XXVII. S. 436.

ßen (wenn die Polardrähte verbunden werden) auftrat, wohl aber beim Oeffnen (beim Trennen der Drähte), wenn sie nur einige Stärke besitze. Durch das Schließen der Kette beginnt der elektrische Strom seine Circulation und im Augenblicke, wo die Kette getrennt wird, strömt die in den Drähten enthaltene Elektricität aus. Diese Ausströmung muß um so bedeutender sein, je größer die Quantität der strömenden Elektricität ist. Diese Quantität muß (wenn man sich die Elektricität als einen ununterbrochenen Strom vorstellt und trotz dem mit der Länge des Drahtes zunehmende Leitungswiderstand) im Allgemeinen desto größer sein, je länger der Leitungsdraht ist. Der Condensator Nobili's ist nun nichts weiter als ein langer Draht (die schraubenförmige Windung erscheint als unwesentlich), mit welchem die Schließung bewirkt, also eine große Quantität (gleichsam ein langer Strom) Elektricität in Circulation gesetzt wird, welcher bei der Trennung in Funken ausströmt.

Complicirter ist der elektrochemische oder besser Volta'sche Condensator, welchen De la Rive*) angegeben hat. Er besteht im Wesentlichen aus einer Vorrichtung, in welcher der Strom einer einfachen Kette durch den von ihr selbst erregten Inductionsstrom so verstärkt wird, daß er im Stande ist, Wasser zwischen Platinplatten in beträchtlicher Menge zu zersetzen. A ist eine einfache



Kette, entweder eine Daniell'sche, die für sich das Wasser zwischen Platten gar nicht zu zersetzen vermag, oder eine Grove'sche, die es unter gleichen Umständen nur in sehr unbedeutender Masse zersetzt. Die an ihre Platten gelötheten Drähte endigen in den Quecksilbernäpfchen B und G. — C ist ein Schälchen von amalgamirtem Kupfer. CD ein Metallstab, versehen bei D mit einer Feder, die sein herabgebogenes Ende C mit dem Boden des Schälchens in Berührung hält; DE ein Leiter, welcher den Stab CD mit dem Draht EFG in Verbindung setzt. — Dieser Draht EFG, ein mit Seide besponnener Kupferdraht, ist um eine Hülse gewickelt. Er muß dick sein und darf keine zu große Länge haben. De la Rive nimmt statt eines Drahtes lieber drei neben einander, jeden von 1 Millimeter, die er 100 Umgänge um die Hülse machen läßt, und dann an ihren Enden in E und G vereinigt. — m n ist ein Cylinder von weichem Eisen im Innern der Hülse; p ein Stückchen weiches Eisen, das an den Stab DC befestigt ist und vom Ende m des Eisencylinders heraufgezogen wird, sobald dieser durch den Strom magnetisirt (s. d. Art. Elektromagnetismus) ist. — H und J sind die Enden zweier Leiter, die dazu dienen, das mit Platinplatten versehene Voltameter V in den Kreis der Kette zu bringen. — So wie man die Kette schließt, kreist der Strom in BCDEG;

*) Archives de l'Electr. T. III. p. 159. Pogg. Ann. Bd. LX. S. 397.

augenblicklich wird das Stückchen p heraufgezogen, weil m n magnetisirt ist. Allein dadurch wird auch sogleich die Schließung bei C unterbrochen, weil der Stab DC, dessen herabgebogenes Ende auf den Boden des Schälchens C drückte, sich hebt. Diese Unterbrechung ruft in dem auf F gewickelten Draht einen Inductionsstrom hervor, welcher gleiche Richtung mit dem der Kette besitzt. Andererseits ist, so lange der Stab DC gehoben bleibt, ein neuer Schließbogen gebildet, von der Kette A aus längs BCH zum Voltameter V, und von da längs JEG zur Kette zurück. Das Voltameter wird also zugleich durchlaufen von dem Inductionsstrome und von dem Volta'schen Strome (verstärkt — wie De la Rive meint — durch den Durchgang des Inductionsstromes durch die Kette). Sowie indeß die Schließung bei C unterbrochen wird, ist auch das Eisen nicht mehr magnetisirt oder wenigstens sehr schwach, weil das Voltameter sich in der Bahn des Stromes befindet; das Stückchen p wird nicht mehr heraufgezogen, der Stab DC dagegen von seiner Feder niedergedrückt und der Kreis wieder bei C geschlossen. Der Strom fängt also wieder an durch BCDEG zu kreisen und dieselbe Reihe von Erscheinungen wiederholt sich. — Die Kraft der Feder D und der Abstand des Stückchens p von der Unterseite des Endes m des Eisencylinders müssen so abgeglichen werden, daß die oscillatorische Bewegung des Stabes DC leicht und sehr rasch geschehe. Durch Probiren gelangt man sehr bald dahin, den Apparat in dieser Beziehung unter die günstigsten Bedingungen zu versetzen. — Mittelst einer solchen Vorrichtung erhielt De la Rive 10 bis 15 Cubikcentimeter Knallgas in einer Minute, doch nur mit Anwendung einer Daniell'schen oder Grove'schen Kette. Eine gewöhnliche Zink-Platin-Kette, mit Säure oder Salzwasser geladen, bewirkte keine Wasserzersetzung zwischen den Platinplatten des Voltameters.

Condensator der Dampfmaschine, s. Dampfmaschine.

Conductor, s. Elektrisirmaschine.

Constellation, s. Aspecten.

Contactelektricität, s. Galvanismus.

Contactthermometer, s. Thermometer.

Convergläser, s. Linse.

Culmination nennt man den Eintritt eines Gestirns in den Meridian (Mittagskreis) des Beobachtungsortes; man sagt dann: das Gestirn culminirt. In der Culmination hat jeder Stern während seiner Sichtbarkeit über dem Horizonte seine größte Höhe erreicht. Culminirt der Mittelpunkt der Sonnenscheibe, so ist es genau 12 Uhr wahre Sonnenzeit; culminirt dagegen das Centrum der Scheibe der nur eingebildeten, sogenannten mittlern Sonne, so ist es genau 12 Uhr mittlere Sonnenzeit. Die Beobachtung der Culmination eines Fixsterns dient zur Bestimmung seiner Rectascension, indem die Culminationszeit, nach einer genau Sternzeit weisenden Uhr bemerkt, sofort die gerade Aufsteigung des Sternes giebt. Bei dem Monde, sowie bei den Circumpolarsternen (s. d. Art.) pflegt man von der obern und untern Culmination zu reden. Der Mond kann, wenigstens in unsern Gegenden, nur in seiner obern, dagegen jeder Fixstern, dessen Poldistanz kleiner als die Polhöhe des Beobachtungsortes ist, in beiden Culminationen wirklich beobachtet werden. Es muß nämlich jedes Gestirn bei seinem scheinbaren täglichen Umlaufe um die Erde den Meridian zweimal passiren; es giebt mithin zwei Culminationen, von denen die obere an der südlichen Seite des Himmels, d. h. in dem zwischen dem Zenith und dem Nordpunkte gelegenen Theile des

Meridians stattfindet. — Statt Culmination sagt man auch häufig: Durchgang durch den Meridian. — Culminationszeit ist der Augenblick, da die Culmination eines Gestirns stattfindet. In der Regel bezieht man die Culminationszeit nur auf die obere oder sichtbare Culmination. Die Bestimmung der Zeit für die Culmination der Sonne aus Beobachtungen ist für die Regulirung der Uhren nach mittlerer Sonnenzeit, und die Bestimmung der Culminationszeit der Fixsterne für die Regulirung der Uhren nach Sternzeit, sowie für die Auffindung der Rectascensionen dieser Sterne sehr wichtig. — Auf mechanische Weise kann man mittelst eines Himmelsglobus sehr leicht die mittlere Zeit des Durchganges durch den Meridian, d. h. die in mittlerer Zeit ausgedrückte Culmination irgend eines bestimmten Gestirns finden. In den astronomischen Ephemeriden findet man die Culminationen des Mondes und der Planeten angegeben. Ist nun c die Culminationszeit eines Gestirns, t sein halber Tagebogen, so ist die Zeit z des Auf- und Unterganges dieses Gestirns $z = c \mp t$. J.

Cumulus, s. Wolke.

Cyanotypie, s. Lichtbilder.

Cycloidalpendel, s. Pendel.

Cyclus, Cirkel (v. d. griech. *κύκλος*, und lat. circulus, Kreis) ist ein chronologischer Ausdruck, unter dem ein aus einer bestimmten Anzahl von Jahren bestehender Zeitraum verstanden wird, nach dessen Verlauf gewisse Erscheinungen wieder in derselben Reihenfolge von Neuem beginnen. Mehrere Cyclen werden von den Chronologen in eine Periode (griech., Zeitraum) zusammengefaßt.

Am meisten in der Ordnung der Natur begründet ist der Mondcyclus, welcher den Zeitraum enthält, nach Verlauf dessen die Mondphasen ebenso wiederkehren, wie bei den vorhergehenden Mondcyclen. Dieser Mondcyclus wurde von dem griechischen Astronomen Meton (432 J. v. Chr. Geb.) auf 19 Jahre festgesetzt, und obgleich diese Bestimmung, wie spätere astronomische Beobachtungen gelehrt haben, um 1 Stunde 29 Minuten $13^3/_4$ Secunden fehlerhaft ist, so hat man dennoch in der gewöhnlichen Kalenderrechnung den Mondcyclus von vollen 19 Jahren beibehalten. Noch jetzt wird nämlich in unsern Kalendern die Zahl angegeben, welche bezeichnet, das wievielte Jahr des Mondcyclus ein jedes Jahr sei, und man nennt diese Zahl die goldene Zahl. Man findet diese, wenn man zu der Jahrzahl unserer Zeitrechnung 1 hinzu addirt, und diese Summe mit 19 dividirt, der Rest ist die gesuchte goldene Zahl. Das Jahr, welches nach unserer Zeitrechnung das Jahr 1 n. Chr. Geb. heißt, war nämlich das zweite eines Mondcyclus. In einem Jahre, dessen goldene Zahl 1 ist (wie 1824 und wieder 1843), fällt der Neumond auf den 1. Januar. Mehr über diesen Gegenstand sehe man in dem Art. Epakte.

Der Sonnencyclus umfaßt einen Zeitraum von 28 Jahren, nach Verlauf dessen nämlich dieselben Monatstage auf dieselben Wochentage fallen, so nämlich, daß in dem gleichvielten Jahre eines Sonnencyclus stets derselbe Wochentag Neujahr u. s. w. ist. Da 365 Tage $= (7 \times 52) + 1$ oder 52 Wochen und 1 Tag betragen, so würde, wenn jedes Jahr 365 Tage lang wäre, schon nach 7 Jahren ein Sonnencyclus vollendet sein, indem jedes Jahr um einen Wochentag fortrückte. Alle vier Jahre aber haben wir durch Einschaltung ein Jahr von 366 Tagen, deswegen gehören 4×7, d. h. 28 Jahre zu einem Sonnencyclus. Dies ist streng richtig nach dem Julianischen Kalender. Nach dem Gregorianischen Kalender tritt

bei denjenigen Säcularjahren, welche nicht Schaltjahre sind, eine Veränderung ein, so daß die Uebereinstimmung der Jahre von gleicher Zahl des Sonnencyclus gestört wird. Da das Jahr 1 n. Chr. Geb. das zehnte eines Sonnencyclus war, also seit Beginn des Sonnencyclus, in dem Christus geboren wurde, 9 Jahre verflossen waren, so findet man für irgend ein gegebenes Julianisches Jahr dessen Sonnencyclus, wenn man zur gegebenen Jahreszahl 9 addirt und die entstandene Summe durch 28 dividirt. Alsdann ist der Rest dieser Division der gesuchte Sonnencyclus, eigentlich aber die Zahl, welche anzeigt, das wievielste Jahr im Sonnencyclus das gegebene Jahr ist. Mehr hierüber s. man in dem Art. Sonntagsbuchstabe.

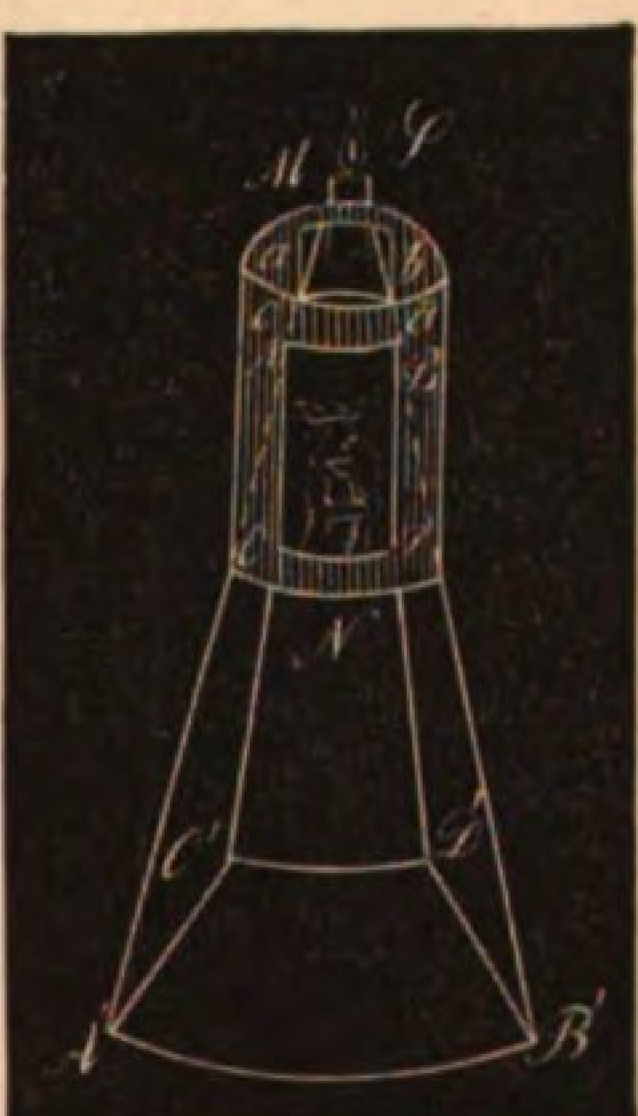
Der Indictionscyclus ist ein Zeitraum von 15 Jahren und hat seinen Namen von d. lat. indictio (Ansagung), welches zu den Zeiten der römischen Kaiser die Bestimmung der Steuer und diese selbst bezeichnete, seine Länge aber vielleicht, weil alle 15 Jahre eine neue Schatzung war, wonach die Abgaben vertheilt wurden. Seit Constantin römischer Kaiser war, findet sich die Sitte, nach Jahren der Indictionen zu rechnen. Aus der gegebenen Erklärung aber sieht man auch, warum die Jahrzahlen dieses Cyclus die Römer-Zinszahlen genannt werden. Wenn in so frühen Zeiten schon nach Indictionen gerechnet worden wäre, so würde Christus im vierten Jahre eines Cyclus geboren sein, bis zu Anfang jenes Cyclus wären also drei Jahre mehr, als seit Christi Geburt verflossen. Soll mithin für irgend ein gegebenes Jahr die Römer-Zinszahl bestimmt werden, so ist nur nöthig, die um 3 vermehrte gegebene Jahreszahl durch 15 zu dividiren; dann ist der Rest die gesuchte Römer-Zinszahl, die übrigens für den Julianischen und Gregorianischen Kalender stets gleich bleibt.

Cylinder, berganlaufender, s. Ebene, schiefe.

Cylindergebläse, s. Gebläse.

Cylindermaschine, s. Elektrisirmaschine.

Cylinderspiegel heißen diejenigen Spiegel, deren spiegelnde Oberfläche die gekrümmte Seitenfläche eines Cylinders ist, und können entweder hohle oder erhabene Cylinderspiegel sein. Die sich in einer Cylinderfläche spiegelnden Gegenstände erscheinen verzerrt, weswegen man sich der Cylinderspiegel zu Anamorphosen (s. d. Art) bedienen kann, welches eine artige Spielerei gewährt. Es lassen sich mathematische Regeln geben, nach denen bei den Cylinderspiegeln die nothwendige Verzerrung regelmäßig gezeichneter Bilder sich bestimmen läßt, und nach denen verzerrte Bilder gezeichnet werden können, welche dann, im Cylinderspiegel betrachtet, regelmäßig erscheinen. Brewster*) giebt ein einfaches in der Ausführung leichtes Verfahren an, wie solche verzerrte Bilder zu zeichnen sind, die vor den Cylinderspiegel gelegt, ein regelmäßiges Bild geben sollen. MN (s. beistehende Fig.) sei ein aus Zinn oder dicker Pappe genau gearbeiteter Cylinder. Von der entfernteren Fläche wird eine kleine Oeffnung a b c d, und von der näheren Seite eine größere ABCD, welche die Größe der verzerrten Gemälde haben muß, ausgeschnitten. Nachdem der Umriß des Gemäldes



*) Brewster, Briefe üb. natürl. Magie. Deutsch von F. Wolff. S. 121.

mit kleinen Löchern durchbohrt worden, bringt man es in die Oeffnung ABCD so, daß seine Oberfläche eine cylindrische Gestalt erhält. In S bringt man ein Licht oder einen hellen leuchtenden Gegenstand an, je kleiner, um so besser; dieser muß so weit hinter dem Gemälde ABCD liegen, als das Auge nachmals vor demselben seine Lage erhält. Das Licht, welches durch die kleinen Oeffnungen hindurchdringt, wird auf einer horizontalen Fläche ein verzerrtes Bild des Gemäldes A′B′C′D′ entwerfen. Wird der Umriß von diesem genommen und mit Farben illuminirt, so ist das Bild zum Gebrauche fertig. Setzt man einen polirten cylindrischen Spiegel von derselben Größe an die Stelle von MN, so wird das verzerrte Gemälde (s. beistehende Fig.), wenn es horizontal in A′B′C′D′ hingelegt wird, im Spiegel durch Zurückstrahlung in ABCD gesehen, in seiner ursprünglichen, regelmäßigen Gestalt erscheinen. Es würde eine Verbesserung dieses Verfahrens sein, wenn in ABCD eine dünne, biegsame Platte von durchsichtigem Glimmer angebracht würde, auf welche man mit einer scharfen Spitze den Umriß der Figur eingerissen, oder auch dieselbe mit Farben aufgetragen hätte. Das in A′B′C′D′ projicirte Bild dieser Figur kann dann sehr genau copirt werden.



Wie die auf Cylinderspiegel, dieselben mögen nun convex oder concav sein, auffallenden Lichtstrahlen von denselben zurückgeworfen (reflectirt) werden, s. man den Art. Spiegel, wo die katoptrische Theorie derselben überhaupt vorgetragen wird.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.

Marbach, Gotthard Oswald

Oswald Marbach's Physikalisches Lexikon Encyklopädie der Physik und ihrer Hilfswissenschaften: der Technologie, Meteorologie, Geographie, Geologie, Astronomie, Physiologie etc. nach dem Grade ihrer Verwandtschaft mit der Physik
Bd.: 1

Leipzig 1850